

*Über das elektrische Luftthermometer.*Von **K. W. Knochenhauer.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 1. December 1859.)

Da Beobachtungen mit dem elektrischen Luftthermometer bei windigem Wetter nicht angestellt werden können, so hatte ich mir im Winter v. J. ein neues Instrument (Th. II) anfertigen lassen, bei welchem der cylindrische Glasbehälter auf 15 Zoll Länge etwa 30.000 Kubiklinien (par. Mass) Luft fasst, wogegen der ältere, ebenfalls cylindrische Behälter mit engeren Hälsen an Th. I gegen 96.000 Kubiklinien enthält. Durch den Boden des an der Röhre befindlichen Gefässes geht eine engere, oben offene und umgebogene Röhre (damit der Spiritus ohne Nachtheil eingegossen werden könne), und steht unten ausserhalb des Gefässes mittelst einer andern Röhre mit einem unter dem ersten Cylinder angebrachten grossen cylinderförmigen Glasballon von ungefähr 412.000 Kubiklinien Inhalt in luftdichter Verbindung; das Gefäss selbst kann oben durch einen eingeriebenen Glasstöpsel luftdicht geschlossen werden, so dass die Einwirkung der äusseren Luft auf die im Gefäss enthaltene völlig gehemmt ist. Die Röhre an Th. I hat 0.66, an Th. II 0.64 Quadratlinien Querschnitt, und beide Sealen sind in Pariser Linien eingetheilt; ebenso geht durch beide Behälter ein von den zur weitem Verbindung dienenden Quecksilbernäpfchen an gerechnet 17 Zoll langer gradlinig ausgestreckter Platindrath von 0.081 Linien Durchmesser; nur ist er im Innern von Th. I auf 11" 4"', dagegen in Th. II auf 13" 2"' frei. Als beide Instrumente mit einander verglichen wurden, wobei das Gefäss an II auch offen blieb, gab Th. II etwa doppelt so grosse Zahlen als Th. I. Um dies nicht ganz unerwartete Resultat weiter zu verfolgen, liess ich ein neues Thermometer anfertigen, an dem der ebenfalls 15 Zoll lange Cylinder innen nur 5 Linien weit war und in welchem derselbe ebenfalls auf 13 bis

14 Zoll freie Drath ausgespannt war; die Röhre hatte einen etwas grösseren Querschnitt. Dies Instrument mit Th. II verglichen gab aber dreimal kleinere Zahlen, und dabei ging der Spiritus so eilig zurück, dass nicht einmal genau abgelesen werden konnte. Hierauf wurde die Röhre abgeschnitten und durch eine engere ersetzt; die Angaben wurden halb so gross als an Th. II. Diese mir wenigstens nun nicht mehr klaren Verhältnisse bewogen mich eine Reihe von Versuchen anzustellen, zunächst in der Absicht, um über die vortheilhafteste Construction des Luftthermometers Auskunft zu erlangen; im Verlauf derselben traten aber noch manche andere Fragen über die Zuverlässigkeit der Angaben überhaupt hinzu, so dass die Beobachtungen weiter ausgedehnt werden mussten, als ich es anfänglich beabsichtigt hatte. Obschon dieselben fast sämmtlich von Mitte Juni bis Anfang September ausgeführt wurden, wo die Temperatur des Locales ziemlich gleichmässig zwischen 18—23° C. war, so machten sich doch bisweilen kleine Differenzen bemerkbar, die mich bestimmen, die Versuche in der Reihenfolge mitzutheilen, in welcher sie vorgenommen wurden, obschon dadurch die Übersicht an einigen Stellen vielleicht etwas erschwert wird. — In allen Reihen wurde die Ladung (L) der Batterie aus dem Abstand der Kugeln am Funkenmesser abgeleitet und mit den Zahlen aufgezeichnet, welche ich dazu bisher immer gebraucht habe¹⁾. Bei jeder Ladung wurde zweimal

¹⁾ Nach meinen Versuchen (Beiträge S. 7) leite ich die Ladung L der Batterie aus der Schlagweite durch die Formel $L = a + 10d$ her, worin $a = 3.0$ ist und d die Distanz der Kugeln am Funkenmesser in halben Pariser Linien angibt. In neuerer Zeit hat Rijke (Pogg. Ann. Bd. CVI, p. 411) ebenfalls Versuche über die Dichtigkeit δ oder über die Ladung L der Batterie mitgetheilt, wonach er sie nach Formel II, die hierzu vollkommen genügt, aus $\delta = L = b + cd$ herleitet, worin aber d die Schlagweite in Millim. bestimmt. Schreibt man also d in halbe Pariser Linien um, so ist $L = b + c \cdot \frac{0.5}{0.4433} d$ und wenn man hierauf mit Umänderung der angenommenen Elektricitäts-Einheiten $c \cdot \frac{0.5}{0.4433} = 10$ setzt, so erhält man:

$$L = \frac{10b}{c} \cdot \frac{0.4433}{0.5} + 10d \text{ oder } a = \frac{10b}{c} \cdot \frac{0.4433}{0.5}.$$

Obschon diese empirische Formel II nur den Beobachtungen entspricht, wenn die Schlagweiten nicht viel kleiner als $\frac{1}{2}$ Linie sind, so können doch die von Rijke nach dem Princip, dass die Summe der Quadrate der relativen Fehler ein Minimum sein müsse, berechneten Werthe da gelten, wo die Schlagweiten mit $\frac{1}{2}$ Millimeter beginnen, also seine Berechnungen zu Reihe 1, 2, 3 und 6; allein Reihe 5 muss neu berechnet werden, indem man mit Schlagweite = 1 Millim. anfängt und $b = 6.3565$,

beobachtet und dann die Reihe mit einmaligem Ablesen rückwärts repetirt. Ich werde indess nur in Nr. 1 sämmtliche drei Zahlen einzeln mittheilen, um zu zeigen, wie weit sie aus einander gehen können, später werde ich der Kürze halber immer nur die Mittelwerthe angeben. Auch hatte ich bei Nr. 1 allein und zwar nur in zwei Reihen das Gefäss an Th. II geschlossen; als ich indess schon hier bemerkte, dass ohnedies viele Versuche nöthig werden würden, stand ich von dieser Erweiterung der Arbeit ab und vermied Tage, an welchen die Luft unruhig war. — Die Batterie bestand aus den beiden Flaschenpaaren (A) und (B), und der Schliessungsdrath enthielt ausser den beiden Thermometern und dem Funkenmesser 10 Fuss Kupferdrath (K) von etwas über $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser.

$c = 16.3303$ findet; Reihe 4, die nur kleinere Schlagweiten enthält, bleibt für unseren Zweck unbrauchbar. Man erhält jetzt nach $a = \frac{10 b}{c} \cdot \frac{0.4433}{0.5}$

aus Reihe 1	. . . . .	$a = 2.91$
„ „ 2	. . . . .	3.42
„ „ 3	. . . . .	2.70
„ „ 5	. . . . .	3.47
„ „ 6	. . . . .	2.50
	im Mittel .	$a = 3.00.$

Berechne ich zur bessern Vergleichung meine 4 Reihen nach demselben Princip wie Rijke, so erhalte ich, $a = \frac{10 b}{c}$ gesetzt,

aus Reihe 1	$b = 2.5268$	$c = 8.4309$	$a = 3.00$
„ „ 2	2.0338	6.6424	3.06
„ „ 3	1.6727	5.5763	3.00
„ „ 4	1.5363	5.3317	2.88
		im Mittel	$a = 2.98.$

Die Übereinstimmung dieser Versuche mit einander rechtfertigt meine bisherige Bestimmungsweise der Ladung vollkommen.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass nach den, wie es scheint, jetzt anerkannten Gesetzen der Schlagweite auch meine Beobachtungen über die Flaschensäule (s. Beitr. S. 47), die nur auf Grund der falschen Voraussetzung angegriffen wurden, sich als richtig bewähren, ebenso auch meine Angaben über die vom Schliessungsdrath abspringenden Funken (s. Beitr. S. 9), da das dagegen aufgestellte Gesetz vom Quadrat der Ladung hinfort unhaltbar ist.

Nr. 1. Th. I und II. $n = 0.106$.

L.	I. 8''			M.	II. 8''			M.	T.	II. geschlossen		
16	1.6	1.6	1.7	1.6	3.5	3.5	3.6	3.5	2.19	3.3	3.4	3.4
24	3.9	3.8	3.9	3.9	8.0	8.0	8.0	8.0	2.05	7.6	7.6	7.6
32	6.7	6.5	6.6	6.6	13.7	13.6	13.4	13.6	2.06	13.2	13.2	13.1
40	9.9	9.8	9.8	9.8	20.7	20.6	20.4	20.6	2.10	20.2	20.1	19.8
48	13.2	13.4	13.0	13.2	29.0	28.7	28.2	23.6	2.17	27.8	28.2	26.9
56	16.8	16.8	16.6	16.7	38.0	37.6	37.3	37.6	2.26	36.4	36.4	35.8
64	20.2	20.1	20.0	20.1	48.0	48.0	47.0	47.7	2.37	46.2	46.2	45.0
									2.17			

L.	I. 6''			M.	II. 8''			M.	T.	II. geschlossen		
16	1.6	1.7	1.7	1.7	3.6	3.6	3.6	3.6	2.13	3.4	3.4	3.3
24	4.0	4.0	4.1	4.0	8.0	7.9	7.9	7.9	1.98	7.6	7.6	7.4
32	7.4	7.2	7.2	7.3	13.6	13.8	13.6	13.7	1.88	13.4	13.2	13.2
40	10.9	10.8	10.6	10.8	21.1	21.0	20.6	20.9	1.94	19.8	19.6	19.6
48	14.5	14.5	14.4	14.5	28.4	28.4	28.3	28.4	1.96	27.4	27.2	27.4
56	18.6	18.5	18.4	18.5	37.0	36.8	37.0	36.9	1.99	35.6	35.4	35.5
64	22.7	22.7	22.6	22.7	46.5	46.7	46.5	46.6	2.05	44.9	45.0	44.8
									1.99			

L.	I. 4''			M.	II. 8''			M.	T.
16	1.8	1.9	1.9	1.9	3.6	3.6	3.6	3.6	1.90
24	4.3	4.4	4.4	4.4	7.9	7.9	7.9	7.9	1.80
32	7.6	7.8	7.8	7.7	13.6	13.6	13.5	13.6	1.77
40	11.5	11.6	11.6	11.6	20.6	20.6	20.6	20.6	1.78
48	16.1	16.1	15.8	16.0	28.4	28.6	28.4	28.5	1.78
56	21.0	21.0	21.0	21.0	37.5	37.6	37.4	37.5	1.79
64	26.2	26.1	26.3	26.2	47.2	46.8	47.2	47.1	1.80
									1.80

L.	I. 11''			M.	II. 11''			M.	T.	II. 6''	T.
16	1.5	1.6	1.4	1.5	3.4	3.4	3.4	3.4	2.27	3.7	2.17
24	3.3	3.5	3.5	3.4	7.0	7.0	7.0	7.0	2.06	8.3	2.08
32	6.1	6.2	6.0	6.1	12.1	12.2	12.2	12.2	2.00	14.6	2.00
40	8.8	8.6	8.8	8.7	18.2	18.1	18.3	18.2	2.09	22.9	2.12
48	11.4	11.5	11.6	11.5	25.0	24.8	25.0	24.9	2.17	32.1	2.21
56	14.3	14.2	14.6	14.4	32.6	32.6	32.6	32.6	2.26	43.7	2.36
64	17.9	17.7	17.6	17.7	40.2	40.2	40.6	40.3	2.28	56.7	2.50
									2.16		2.20

Bei diesen Beobachtungen standen die Röhren beider Thermometer gleich schräg, und zwar betrug das durch eine Libelle bestimmte Gefäll n 0·106 auf 1. Die Länge der Spiritussäulen wurde verändert und war in Th. I 8'' 6''', 6'' 6''', 4'' 6''' und 11'' 6''', in Th. II 8'' 3''5, 6'' 3''5 und 11'' 3''5, wofür ich in den Überschriften der Tabelle nur die Zolle bemerkt und die Linien fortgelassen habe, wie ich es später immer thun werde. Die Columnen unter *T* enthalten die Verhältnisszahlen, um wie vielmal die Angaben in Th. II grösser als die in Th. I sind; am Ende ist Th. II 6'' mit Th. I 6'' verglichen, obschon beide Reihen nicht an demselben Tage ausgeführt waren.

Die Reihen zeigen zunächst, dass je nach der längern oder kürzern Spiritussäule, welche bewegt werden muss, die beobachteten Zahlen kleiner oder grösser ausfallen. Der Grund liegt unstreitig darin, dass eine längere Säule um des grössern Widerstandes in der Röhre willen etwas langsamer vortrückt, wesshalb sie dann, wenn die Temperatur der eingeschlossenen Luft durch Wärmemittheilung an die Glaswand bereits zu sinken anfängt, noch nicht so weit wie eine kürzere gelangt ist. Es würde sich dies bei Th. II, in welchem die Glaswand dem Drathe näher ist, viel stärker als in Th. I bemerkbar machen müssen, wenn in jenem Thermometer der Spiritus nicht viel schneller als in diesem zurückginge. — Vergleicht man hierauf die Zahlen in beiden Thermometern mit einander, wie dies unter *T* verzeichnet ist, so bleibt bei den kleinern und dann wieder bei den grössten Zahlen Th. I gegen II zurück. Man sieht dies noch deutlicher, wenn man die Zahlen bei doppelter Ladung mit denen bei einfacher zusammenstellt. Man erhält folgende Verhältnisszahlen:

L.	in Th. I.				in Th. II.		
	4''	6''	8''	11''	6''	8''	11''
16 : 32	4·05	4·29	4·12	4·07	3·89	3·78	3·60
24 : 48	3·64	3·62	3·39	3·38	3·87	3·61	3·59
32 : 64	3·40	3·11	3·03	2·90	3·89	3·46	3·32

Während bei den Ladungen 16 : 32 die Wärme in Th. I um mehr als das Vierfache steigt, kommt sie bei den Ladungen 32 : 64 für die längeren Spiritussäulen kaum auf das Dreifache. In Th. II

halten sich die Verhältnisszahlen gleichmässiger. Dass Th. I in den grösseren Zahlen zurückbleibt, hat wohl seinen Hauptgrund darin, dass bei der Weite des Glasbehälters der Wärmeverlust erst bei den stärkeren Erwärmungen beträchtlich wird; wenn aber auch die kleineren Zahlen zurückbleiben, so könnte man dies der Capillarwirkung in der Röhre zuschreiben, wenn anders nicht eine andere sich erst später darbietende Erklärung hier Platz findet. Der so eben besprochene Gang der Zahlen in Th. I, der mit dem Gange in Th. II nicht ganz harmonirt, macht zunächst eine Berichtigung der von mir früher mitgetheilten Ansicht geltend, dass in der Luft zwischen den Kugeln des Funkenmessers oder in der Batterie selbst ein nicht gerade unbedeutlicher Widerstand vorhanden sei, der mit steigender Ladung sich steigert (s. Beiträge S. 44). Hier tritt wenigstens eine derartige Differenz zwischen den beiden Thermometern hervor, dass die endgiltige Entscheidung noch ausgesetzt bleiben muss.

Da der Gang der Erwärmungen in Th. I mir von früher her schon mehr bekannt war, so machte ich mit Th. II allein noch eine Reihe durch, wobei im Schliessungsbogen ausser dem Thermometer nur 8' *K* waren. Die Länge der Spiritussäule wurde wieder verändert.

Nr. II. Th. II allein. $n = 0.106.$				Nr. III. Repetition.			
L.	6''	8''	11''	L.	6''	8''	11''
12	3.4	3.2	3.1	12	3.4	3.2	2.9
18	7.9	7.5	6.7	18	8.0	7.4	6.9
24	13.9	13.1	11.7	24	14.1	13.3	12.0
30	21.9	20.5	18.1	30	22.9	20.8	18.3
36	31.2	27.8	25.2	36	31.9	29.0	25.9
42	42.9	37.3	32.8	42	44.2	38.5	33.5
48	56.2	48.0	40.8	48	57.5	49.1	41.9

Vergleicht man das Wärmeverhältniss bei den Ladungen 12:24, 18:36 und 24:48, so beträgt es im Anfange das Vierfache, später etwas weniger, allein es geht nirgends so weit zurück als in Th. I. Die Zahlen 56.2 und 57.5 bei $L = 48$ und 6'' Spiritus sind, wie sich später zeigen wird, zu gross, indem die schon zu kurze Spiritussäule im Schusse befindlich sich noch weiter fortrollt.

Nach meinen früheren Beobachtungen mit Th. I (siehe Beiträge p. 46) hatte sich auch ein grösserer Widerstand in den älteren

Flaschen F als in den aus viel stärkerem Glase bestehenden Flaschenpaaren (A), (B) und (C) ergeben; es musste deshalb dieses Resultat mit dem neuen Thermometer geprüft werden. Hierzu wurden die Batterien (A) + (B) und $F_1 + F_4$ vertauscht, während der Schliessungsdrath wie vorher $8' K$ und Th. II enthielt.

Nr. 4. (A) + (B) und $F_1 + F_4$.

L.	11''		8''		6''	
	(A) + (B)	$F_1 + F_4$	(A) + (B)	$F_1 + F_4$	(A) + (B)	$F_1 + F_4$
12	3·0	2·8	3·2	3·0	3·3	3·3
18	6·7	6·4	7·0	6·8	7·4	7·3
24	11·6	11·1	12·8	12·3	13·7	13·2
30	17·9	17·1	19·7	18·7	21·3	20·7
36	24·7	23·9	27·8	26·9	30·5	29·8
42	32·7	31·7	37·5	35·4	40·9	40·2
48	40·7	38·9	47·3	44·9	55·0	52·2

Das Ergebniss ist nicht ganz klar, da Batterie $F_1 + F_4$ auch bei den schwächeren Ladungen zum Theil schon kleinere Zahlen als (A) + (B) liefert; überdies konnten grössere Schlagweiten nicht hinzugezogen werden. Es wurden daher zu Batterien (A) und F_2 gewählt, während das Übrige unverändert blieb.

Nr. 5. (A) und F_2 .

L.	11''		8''		6''	
	(A)	F_2	(A)	F_2	(A)	F_2
16	2·5	2·6	2·7	2·8	2·9	3·0
24	5·5	5·8	6·0	6·2	6·5	6·7
32	9·8	9·9	10·5	10·7	11·2	11·5
40	14·9	14·9	15·9	16·4	17·5	17·9
48	19·9	20·3	22·1	22·5	24·3	24·4
56	25·8	25·1	28·9	28·6	31·7	30·9
64	32·0	30·1	36·3	35·2	40·1	37·7
72	38·0	35·9	43·7	42·2	49·1	46·2
80	44·3	42·0	52·0	50·2	59·2	54·0

Obschon bei den Ladungen 72 und 80 die beobachteten Zahlen nicht ganz zuverlässig ausfielen und sich ohne wahrnehmbaren Grund oft plötzlich änderten, so ist es doch deutlich, dass auch mit dem

neuen Thermometer, wengleich nicht in demselben Grade, die Zahlen bei F_2 zuletzt bei den stärkeren Ladungen kleiner als bei der Batterie (A) ausfallen. Allein nach den Abweichungen, welche die beiden Thermometer zeigen, möchte es schwierig sein zu entscheiden, ob die Erklärung der Thatsache wirklich in einem grössern Widerstand, welchen F_2 leistet, zu suchen sei, oder ob es nicht vielleicht bloß eine Folge davon sei, dass F_2 , deren belegte Fläche kleiner als die am Flaschenpaare (A) ist, sich schneller als dieses entladet.

Um mehr Auskunft zu erlangen, musste vornehmlich ermittelt werden, mit welcher Sicherheit sich der Widerstand irgend eines Draths feststellen lasse. Zu diesem Behufe wurde wieder die Batterie (A) + (B) gewählt und als Stamm Th. II + 8' K; eingeschaltet wurden der Drath von Th. I + 2' K [wofür in der Tabelle (1) steht] und die Platinspirale B, deren Drath 32 Zoll lang und 0.061 Linien stark ist. In Th. II wurde die Länge der Spiritussäule sowohl als die Neigung n verändert.

Nr. 6. Widerstand von (1) und B. $n = 0.106$.

L.	6''					8''				
	II.	(1)	w	B	w	II.	(1)	w	B	w
24	14.9	8.6	0.732	4.2	2.55	13.5	7.9	0.709	3.9	2.46
32	26.0	14.9	0.745	7.1	2.66	23.7	13.8	0.717	6.7	2.54
40	39.8	23.2	0.715	11.2	2.55	35.9	21.5	0.670	10.1	2.55
48	58.2	32.4	(0.796)	15.2	(2.83)	49.3	29.4	0.677	14.2	2.54
			0.731		2.59			0.693		2.52

L.	11''				
	II.	(1)	w	B	w
24	12.2	7.2	0.694	3.6	2.39
32	21.0	12.4	0.693	6.1	2.44
40	31.3	19.0	0.647	9.2	2.40
48	42.6	26.1	0.630	12.9	2.30
			0.666		2.38

Nr. 7. Dasselbe. $n = 0.173$.

L.	6''					8''				
	II.	(1)	w	B	w	II.	(1)	w	B	w
24	12.3	7.1	0.732	3.4	2.62	11.6	6.7	0.731	3.2	2.62
32	21.6	12.4	0.742	6.0	2.60	19.7	11.8	0.669	5.6	2.52
40	33.0	19.1	0.728	9.1	2.63	30.1	17.7	0.700	8.4	2.58
48	45.5	26.7	0.704	12.6	2.61	41.0	24.5	0.673	12.0	2.42
			0.726		2.62			0.693		2.53

Nr. 8. Repetition von Nr. 7.

L.	6''					8''				
	(II.)	(1)	w	B	w	II.	(1)	w	B	w
24	12.1	7.0	0.729	3.4	2.56	11.5	6.6	0.740	3.2	2.59
32	20.9	12.2	0.713	5.9	2.54	19.5	11.6	0.681	5.5	2.55
40	31.9	18.6	0.715	9.0	2.54	29.6	17.8	0.663	8.4	2.52
48	44.9	26.2	0.713	12.7	2.54	40.0	24.2	0.653	11.8	2.39
			0.718		2.55			0.684		2.51

Nr. 9. Repetition von Nr. 6.

L.	6''				
	II.	(1)	w	B	w
24	14.7	8.7	0.690	4.1	2.59
32	26.3	14.9	0.765	7.5	2.51
40	40.4	23.4	0.727	11.1	2.64
48	58.3	33.1	(0.761)	15.5	(2.76)
			0.727		2.58

Die erste Columne der Tabellen unter II gibt die beobachteten Erwärmungen, wenn dies Instrument sich allein im Schliessungsdrath befand, die zweite unter (1) die Zahlen, wenn der Drath von Th. I, die vierte unter B , wenn die Platinspirale in den Stamm eingeschaltet war; hinter jedem Drath ist sein Widerstand w unmittelbar berechnet. Das Resultat bei $L = 48$ und $n = 0.106$ musste ausgeschlossen werden, weil die Zahlen 58.2 und 58.3 der ersten

Columnne (vergl. Nr. 2) offenbar zu gross waren. Die veränderte Neigung der Röhre hat auf die Bestimmung des Widerstandes wenigstens keinen sicher bemerkbaren Einfluss, dagegen stellt ihn eine längere Spiritussäule etwas niedriger dar.

Zur weitem Aufklärung des Sachverhältnisses hatte ich mir unterdess noch ein neues Thermometer (Th. III) anfertigen lassen, dessen Behälter wieder bei 15 Zoll Länge nach der Mitte zu eine bauchige Form hat, damit auf die verjüngten Enden die bereits vorhandenen Messingfassungen von dem oben erwähnten engen Cylinder geschoben werden konnten. Der Behälter fasst etwa 40.000 Kubiklinien Luft und die überhaupt nur 10 Zoll lange Röhre hat 1.05 Quadratlinien Querschnitt; der 17 Zoll lange Platindrath von demselben Stück wie in Th. II ist im Innern auf 13'' 8''' frei. Zuerst wurde dies Thermometer allein in den bisherigen Schliessungsdrath eingefügt. Dies gab:

Nr. 10. Th. III allein. $n = 0.106$.

L.	8''	5''	4''
24	7.2	7.6	7.7
32	13.3	14.5	14.6
40	21.3	23.3	23.6
48	30.6	33.2	33.9

Die Längen der Spiritussäule betragen hier genau 8, 5 und 4 Zoll. Der Gang der Erwärmungen in diesem Instrumente ist merkwürdig, denn die Verhältnisszahlen bei Ladung 24 : 48 steigen über das Vierfache hinaus. Es wurde also zur Vergleichung mit Th. II geschritten, wobei in den Schliessungsbogen noch 2' *K* hinzukamen.

Nr. 11. Th. II und III. $n = 0.106$.

L.	III. 8''	(2)	w	II. 8''	(3)	w	T
24	6.9	3.5	0.97	13.2	7.4	0.79	2.11
32	12.9	6.5	0.98	23.1	12.5	0.85	1.92
40	20.5	10.5	0.95	34.9	19.0	0.84	1.81
48	29.9	15.5	0.93	48.3	26.9	0.80	1.74
56	—	21.3	0.96	—	35.5	0.82	1.67
64	—	27.3	—	—	44.7	—	1.64

Nr. 12. Dasselbe.

L.	III. 5''	(2)	<i>w</i>	II. 6''	(3)	<i>w</i>	<i>T</i>
24	7·1	3·6	0·95	14·4	7·7	0·87	2·14
32	13·7	6·9	0·99	25·2	13·4	0·88	1·94
40	21·9	11·2	0·95	39·1	21·0	0·86	1·87
48	32·0	16·4	0·95	56·5	29·8	(0·89)	1·82
56	—	22·6	0·96		39·8	0·87	1·76
64	—	29·6			51·9		1·75

Zuerst war jedes Thermometer einzeln in dem Schliessungsdrath, dann beide zugleich darin. Die Columnne unter *w* nach (2) gibt den Widerstand des Draths in Th. II, wie er durch Th. III, und *w* nach (3) den Widerstand des Draths in Th. III, wie er durch Th. II bestimmt wurde. Unter (2) sind nämlich die Zahlen verzeichnet, die mit Th. III, und unter (3) diejenigen, die mit Th. II beobachtet wurden, wenn die Dräthe (2) und (3) zugleich in den Schliessungsbogen eingefügt waren. Die letzte Columnne unter *T* zeigt das Verhältniss an, um wie viel Mal die Zahlen unter (3) grösser als die unter (2), d. h. wie vielmal die Angaben in Th. II grösser als die in Th. III sind. Sind schon diese Verhältnisszahlen, die regelmässig abnehmen, durch ihre grossen Differenzen auffallend, so ist es sicher noch viel sonderbarer, dass der Widerstand der beiden gleich langen und aus demselben Stück genommenen Dräthe so sehr von einander abweicht. Denn dass dies nur durch den ungleichen Gang der Erwärmungen in beiden Instrumenten bewirkt wird, lehrt die folgende Reihe, in der der Widerstand beider Dräthe in demselben Schliessungsbogen und mit derselben Batterie durch Th. I bestimmt wurde.

Nr. 13. Widerstand von (2) und (3) durch Th. I.

L.	I. 8''	(2)	(3)	<i>w</i>
24	7·2	3·8	3·8	0·89
32	11·9	6·4	6·4	0·86
40	17·6	9·7	9·7	0·82
48	23·2	13·2	13·2	0·76
				0·83

Beide Reihen geben genau denselben Widerstand, der nach dem Gange der Erwärmungen in Th. I bei den schwächeren Ladungen etwas grösser als bei den stärkeren ausfällt.

Um die Ungleichheit der für den Widerstand desselben Draths berechneten Werthe noch anschaulicher zu machen, wurden aus demselben Platindrath, der sich in Th. II und III befindet, Längen von 15, 30, 45 und 60 Zoll in den Schliessungsdrath eingefügt. Die Thermometer hatten dabei eine Spiritussäule von 8 Zoll und standen um $n = 0.106$ geneigt.

Nr. 14. Widerstandsbestimmung durch Th. III.

L.	III.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	7.0	3.7	0.89	2.5	1.80	—	—	—	—
32	13.2	6.9	0.91	4.6	1.87	3.5	2.77	—	—
40	20.5	11.2	0.83	7.5	1.73	5.6	2.66	4.4	3.66
48	29.7	16.4	0.81	11.1	1.68	8.2	2.62	6.4	3.64
			0.86		1.77		2.68		3.65

Nr. 15. Widerstandsbestimmung durch Th. II.

L.	II.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	13.3	7.6	0.75	5.4	1.46	4.2	2.17	3.4	2.91
32	22.9	13.1	0.75	9.3	1.46	7.2	2.18	5.9	2.88
40	34.8	20.3	0.71	14.4	1.42	11.0	2.16	9.0	2.87
48	48.0	28.1	0.71	20.1	1.39	15.4	2.12	12.7	2.78
			0.73		1.43		2.16		2.86

Th. III gibt den Widerstand von 15'' Pl. im Mittel = 0.88, Th. II dagegen im Mittel = 0.72, und dadurch stellt sich dem vorigen entsprechend der Widerstand von 17 Zoll auf 0.99 und 0.82; jener ist offenbar zu gross, dieser etwas zu klein, da 10' K mit Einschluss des Funkenmessers höchstens einen Widerstand = 0.10 geben, also zur Einheit noch 0.08 fehlen. Nach Th. II bleibt der Widerstand der Länge des Draths proportional, nach Th. III ist eine kleine Abweichung von diesem Gesetze vorhanden, welche durch die kleinen Zahlen veranlasst wird.

In der Röhre des Th. III hatte sich inzwischen etwas Staub abgesetzt; sie wurde deshalb sorgfältig gereinigt, wobei die Luft viel-

fach aus dem Gefäss und aus dem Behälter gezogen wurde. Hierauf wurde abermals eine Vergleichung der drei Thermometer angestellt und zwar, wie dies von hier ab immer der Fall war, mit Spiritussäulen von 8 Zoll Länge; n betrug 0·106.

Nr. 16. Th. I und Th. II.

L.	I.	(2)	w	II.	(3)	w	T
24	7·7	—	—	13·0	—	—	—
32	12·1	6·5	0·86	22·6	13·1	0·72	2·02
40	17·6	9·4	0·87	33·8	19·9	0·68	2·12
48	23·3	13·1	0·78	46·9	28·2	0·65	2·15
56	—	17·0	0·84	—	36·9	0·68	2·17
64	—	20·5	—	—	46·9	—	2·29
							2·15

Die Bezeichnungen der Columnen sind wie in Nr. 11 und 12. Dass der ebenfalls 17 Zoll lange und 0·081 Linien starke Drath in Th. I nur einen Widerstand = 0·68 leistet, zeigt, dass das käufliche Platin sehr ungleich sein kann; die Dräthe sind aus verschiedenen Handlungen bezogen. Aus dem geringen Widerstande des Draths (1) ist es auch erklärlich, wesshalb der durch Th. I bestimmte Widerstand des Draths (2) = 0·84 ist, da er nach dem Gange der Erwärmungen kleiner sein müsste, als wenn er durch Th. II bestimmt wird.

Nr. 17. Th. III und Th. II.

L.	III.	(2)	w	(3)	T
24	9·1	—	—	—	—
32	16·1	8·5	0·89	12·4	1·46
40	25·0	13·5	0·85	18·8	1·39
48	35·1	18·8	0·87	26·5	1·41
56	—	25·1	0·87	35·0	1·39
64	—	32·4	—	44·2	1·36
					1·40

Die Beobachtung mit Th. II allein war hier unterlassen; die Zahlen unter (3) sind aber wie in Nr. 11 mit diesem Instrumente erhalten, als beide Thermometer zugleich im Schliessungsdrath

waren. — Mit dieser Reihe erhalten wir in Th. III einen von dem bisherigen ganz abweichenden Gang der Erwärmungen und zwar einen Gang, der sich dem in Th. II beobachteten viel näher anschliesst. Demzufolge wird sogleich der Widerstand (2) geringer, er sinkt von 0·96 auf 0·87; auch die Verhältnisszahlen T kommen bei den verschiedenen Ladungen mehr mit einander überein, indem die noch vorhandenen Differenzen die gewöhnlichen Beobachtungsfehler nicht viel überschreiten. Anfänglich war ich überzeugt, dass der in der Röhre bemerkte Staub die Veranlassung zu den Unregelmässigkeiten gegeben hatte, allein später kam ich auf den wahren Grund, und da dieser mit der Construction dieses Thermometers zusammenhängt, so konnte ich mich nicht entschliessen, die bereits mitgetheilten Reihen zu unterdrücken, obschon sie freilich nur in dieser einzigen Beziehung einen Werth besitzen.

Die Widerstandsbestimmungen der vier verschiedenen Längen Platindrath wurden nun noch einmal vorgenommen, jedoch mit der Abänderung, dass die Röhren auch mit destillirtem Wasser gefüllt wurden, um so den Einfluss ungleicher Flüssigkeiten zu erkennen.

Nr. 18. Widerstandsbestimmung durch Th. III.

a) Röhre mit Spiritus gefüllt.

L.	III.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	9·3	5·2	0·79	3·8	1·45	2·8	2·32	—	—
32	16·3	9·2	0·77	6·3	1·59	4·9	2·33	4·1	2·98
40	24·8	14·3	0·73	10·2	1·43	7·7	2·22	6·3	2·94
48	35·4	20·2	0·75	14·2	1·49	10·5	2·37	8·8	3·02
			0·76		1·49		2·31		2·98

b) Röhre mit Wasser gefüllt.

L.	III.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	8·3	4·3	0·93	2·9	1·86	—	—	—	—
32	15·1	8·2	0·84	5·5	1·75	4·1	2·68	—	—
40	24·0	13·1	0·83	8·7	1·76	6·6	2·64	5·1	3·70
48	33·4	18·3	0·83	12·5	1·67	9·2	2·63	7·6	3·39
			0·86		1·76		2·65		3·54

Hier gaben 15'' Pl. durchschnittlich einen Widerstand = 0·76, also 17'' wie vorher = 0·86. Wasser in der Röhre erniedrigt mehr

die kleineren, weniger die grösseren Zahlen, und dadurch fällt der Widerstand bedeutender aus. Diese Erniedrigung kann nur mit der Capillarattraction zusammenhängen, welche die Beweglichkeit der Flüssigkeit hemmt, denn vom Spiritus wurden durch Capillarwirkung in der schrägen Lage der Röhre 8''' , vom Wasser 27''' gehoben.

Nr. 19. Widerstandsbestimmung durch Th. II.

a) Röhre mit Spiritus gefüllt.

L.	II.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	13·2	7·6	0·74	5·4	1·44	4·2	2·14	3·4	2·88
32	22·9	13·0	0·76	9·3	1·46	7·2	2·18	5·9	2·88
40	34·3	19·6	0·73	14·2	1·42	11·0	2·12	8·9	2·85
48	46·9	27·5	0·71	19·6	1·39	15·3	2·07	12·4	2·78
			0·73		1·43		2·13		2·85

b) Röhre mit Wasser gefüllt.

L.	II.	15''	w	30''	w	45''	w	60''	w
24	13·2	7·3	0·81	5·0	1·64	3·7	2·57	2·8	3·71
32	24·2	13·2	0·83	9·1	1·66	7·0	2·46	5·4	3·48
40	36·5	21·1	0·73	14·4	1·53	11·0	2·41	8·7	3·20
48	50·0	29·8	0·68	20·8	1·40	16·0	2·12	12·7	2·94
			0·76		1·56		2·39		3·33

Als Spiritus in der Röhre war, blieben die Angaben gegen vorhin unverändert; Wasser in der Röhre hatte aber hier den Erfolg, dass die kleinen Zahlen unverändert blieben, die grösseren dagegen beträchtlicher wurden, wodurch der Widerstand der Platindräthe sich ebenfalls höher stellte. Die Capillarattraction hob zwar vom Spiritus 12''' und vom Wasser 38''' , und es hätte also wiederum eine Erniedrigung der Zahlen eintreten müssen, wenn sich nicht in der engern Röhre, entsprechend den Beobachtungen von Hagen und Poisselle, die inneren Wasserfäden vor den an der Wand haftenden vorbeigeschoben hätten, und dadurch die Röhre gewissermassen enger geworden wäre.

Bei den vielen Beobachtungen hatte sich, wie mir schien, auch der Umstand herausgestellt, dass namentlich in Th. III der Gang der Erwärmungen etwas geändert und zwar dem ersten fehlerhaften

Gange wieder näher gerückt wurde, wenn der Spiritus längere Zeit in der Röhre blieb. Es wurde daher der Spiritus in beiden Instrumenten erneuert und unmittelbar darauf eine Vergleichung vorgenommen; dann blieb der Spiritus bis zum nächsten Tage darin und die Vergleichung wurde repetirt.

Nr. 20. Th. II und III. $n = 0.106$.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w	T
24	9.8	5.2	0.88	13.6	7.5	0.81	1.44
32	17.0	8.9	0.91	24.0	13.0	0.85	1.45
40	26.5	14.1	0.88	36.2	19.9	0.82	1.41
48	37.7	20.3	0.86	50.0	27.5	0.82	1.36
			0.88			0.82	1.41

Nr. 21. Repetition.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w	T
24	9.1	4.8	0.90	13.6	7.5	0.81	1.56
32	16.0	8.5	0.88	23.4	12.7	0.84	1.49
40	24.9	13.5	0.85	34.9	19.2	0.82	1.42
48	35.1	19.0	0.85	48.5	27.3	0.78	1.46
			0.87			0.81	1.48

Die Zahlen waren am zweiten Tage wirklich etwas kleiner und namentlich, wie die Columnne unter T ausweist, in Th. III etwas verändert.

Auch die Batterien (A) und F_2 wurden noch einmal mit einander vertauscht.

Nr. 22. (A) und F_2 .

Th. III.			Th. II.		
L.	(A)	F_2	L.	(A)	F_2
32	7.1	7.1	32	10.4	10.5
40	11.0	11.0	40	16.0	16.1
48	15.5	15.6	48	22.0	22.0
56	20.5	20.1	56	28.9	29.0
64	26.1	25.1	64	36.1	35.8
72	32.0	31.1	72	44.2	43.7
80	38.3	37.4	80	52.3	52.0

(A)				F_2		
L	III.	(2)	w	III.	(2)	w
40	11·0	6·0	0·83	11·0	6·1	0·80
56	20·5	11·6	0·77	20·1	11·6	0·73
72	32·0	18·4	0·74	30·7	18·3	0·67
			0·73			0·73

(A)				F_2		
L.	II.	(3)	w	II.	(3)	w
40	16·1	9·2	0·75	16·1	9·3	0·73
56	29·1	16·7	0·74	28·6	16·9	0·69
72	44·1	26·3	0·68	42·3	25·8	0·64
			0·72			0·69

(A)				F_2		
L.	III.	(2)	w	III.	(2)	w
40	10·4	5·8	0·79	10·6	6·0	0·77
56	19·8	11·2	0·77	19·1	11·2	0·71
72	30·5	18·0	0·69	29·3	17·6	0·67
			0·75			0·72

(A)				F_2		
L.	II.	(3)	w	II.	(3)	w
40	15·7	9·0	0·74	15·9	9·1	0·75
56	28·6	16·4	0·74	27·9	16·4	0·70
72	43·3	25·9	0·67	41·0	25·1	0·63
			0·72			0·69

Diese Beobachtungen wurden an verschiedenen Tagen ausgeführt. Während in der ersten Reihe, wo Th. II und Th. III einzeln im Schliessungsdrathe waren, die Differenzen durch (A) und F_2 abweichend von Nr. 5 sich kaum über die Beobachtungsfehler erheben, sind dieselben in den anderen Reihen wieder beträchtlicher, und der Widerstand der Dräthe (2) und (3) fällt nicht nur in den Bestimmungen durch Th. III und II verschieden aus, wie es den

früheren Versuchen entspricht, sondern bei (A) sowohl und noch mehr bei F_2 ist er bedeutend kleiner, als wenn (A) + (B) zur Batterie genommen worden wäre. Nimmt man hierzu, dass bei stärkeren Ladungen der Widerstand durchgängig etwas geringer ausfällt, so steht als Thatsache fest, dass der Gang der Erwärmungen im Luftthermometer, obschon bei verschiedenen Instrumenten verschieden, doch jedesmal der Art ist, dass eine Batterie von dünnerm Glase bei den stärkeren Ladungen die Zahlen mehr erniedrigt als eine Batterie von stärkerm Glase; ebenso dass der Widerstand eines Draths durch stärkere Ladungen einer kleinern Batterie bestimmt geringer ausfällt, als wenn man ihn aus schwächeren Ladungen einer grössern Batterie ableitet. Ob indess die stärkeren Ladungen den Widerstand in der ganzen Kette erhöhen, wie ich es bisher angenommen habe, oder ob das Instrument selbst die Veranlassung zu der Differenz gibt, diese Frage wage ich jetzt, wo ich einen verschiedenen Gang in verschiedenen Thermometern erlangt habe, nicht mehr mit Bestimmtheit zu entscheiden.

Noch ein Punkt lag mir zur Untersuchung vor. In der Abhandlung Sitzungsber. Bd. X, S. 219 habe ich, und zwar durch Messungen mit dem Funkenmesser, also ganz unabhängig von dem Gebrauch des Luftthermometers, in zahlreichen Versuchen nachgewiesen, dass auf die Stärke des Nebenbatteriestroms sowohl die Ladung als die Batterie selbst einen Einfluss ausübt, indem nicht nur durch stärkere Ladungen eine relative Erniedrigung eintritt, sondern auch die älteren Flaschen F die Entwicklung des Nebenbatteriestroms mehr als die Flaschenpaare (A) u. s. w. hemmen. Es schien mir nur nöthig, hier mittelst Th. II eine Vergleichung zwischen stärkeren und schwächeren Ladungen anzustellen, indem dieses bequem ohne Beobachtungen im Hauptstrom ausgeführt werden konnte. Zur Sicherstellung des Resultats wurden die Stromtheilung und der Nebenstrom hinzugezogen.

Nr. 23. Stromtheilung, Nebenstrom und Nebenbatteriestrom.

a) Stromtheilung.

Die Batterie war (A) + (B), der Stamm 8' K ; den einen Zweig bildete Spirale II von 25'5 K Länge (siehe Sitzungsberichte Bd. XXXVI, S. 427), den andern 1' K und Th. II.

L.	24	32	40	48
Th. II.	12·4	21·9	33·1	45·8

Der Gang der Erwärmungen ist genau wie im einfachen Schliessungsbogen; demnach bleiben bei sonst unveränderter Anordnung die Zweigströme zum Stammstrom in constantem Verhältniss.

b) Nebenstrom.

Der Hauptstrom ging durch Sp. I, der Nebenstrom wurde in Sp. II erregt, die durch Th. II und 1' *K* geschlossen war.

L.	24	32	40	48	56	64
Th. II.	8·1	14·2	21·8	30·0	39·2	49·2

Auch hier befolgt der Nebenstrom denselben Gang wie der Strom im einfachen Bogen, also steht der Nebenstrom zum Hauptstrom bei sonst unveränderter Anordnung ebenfalls in constantem Verhältniss.

c) Nebenbatteriestrom.

Die Hauptbatterie (*A*) + (*B*) war durch 10' *K* und 24' im Rahmen geschlossen; die Nebenbatterie $F_2 + F_3$ hatte als Schliessungsdraht 24' im Rahmen, ausserdem 9'5 *K* und Th. II, denn auf diese Weise musste der Nebenbatteriestrom etwa sein Maximum erreichen.

Distanz der gesp. Dräthe.

L.	1''	4''	8''	L.	1''	4''	8''
24	7·9	7·6	7·2	24	7·9	7·6	7·2
32	14·0	13·3	12·7	32	13·8	13·2	12·5
40	21·3	20·3	19·1	40	21·1	19·8	18·6
48	29·5	27·8	26·0	48	29·2	27·4	25·5
56	38·8	36·0	33·2	56	38·1	35·6	32·6
64	48·3	44·5	40·8	64	47·6	43·6	39·9

Je weiter die gespannten Dräthe aus einander stehen, desto mehr sinken die Zahlen bei den stärkeren Ladungen. Man sieht dies am besten, wenn man die Erwärmungen bei 4 und 8'' Distanz mit denen bei 1'' vergleicht.

L.	24	32	40	48	56	64
Verh. bei 4: 1 Z.	0·962	0·957	0·939	0·938	0·934	0·916
„ „ „ „	0·962	0·953	0·946	0·940	0·931	0·918
„ „ Mittel	0·962	0·955	0·943	0·939	0·933	0·917
„ „ 8: 1 Z.	0·911	0·906	0·881	0·873	0·856	0·838
„ „ „ „	0·911	0·906	0·889	0·877	0·856	0·841
„ „ Mittel	0·911	0·906	0·885	0·875	0·856	0·840

Diese Beobachtungen mit dem Luftthermometer führen also zu demselben bereits mittelst des Funkenmessers erhaltenen Resultate,

dass stärkere Ladungen der Hauptbatterie einen relativ schwächern Nebenbatteriestrom liefern.

Zur Vervollständigung wurde noch n auf 0.056 gebracht und bei dieser Neigung der Röhre Th. II und Th. III verglichen. Die Spiritussäulen betragen, wie schon früher bemerkt wurde, durchgehend 8''; auch diente (A) + (B) als Batterie mit dem gewöhnlichen Schliessungsdrath.

Nr. 25. Th. III und Th. II. $n = 0.056$.

L.	III.	L.	II.
24	10.6	24	15.7
32	19.0	32	27.0
40	29.6	40	41.3
48	41.9	48	58.0

Beide Thermometer waren hier einzeln im Schliessungsbogen. Alle Zahlen sind grösser als bei $n = 0.106$.

Nr. 26. Th. III und Th. II. $n = 0.056$.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w	T
24	10.7	5.9	0.81	15.8	8.6	0.84	1.46
32	19.3	10.2	0.89	27.4	14.9	0.84	1.46
40	29.8	16.1	0.85	41.4	22.7	0.82	1.41
48	42.8	22.8	0.88	59.3	32.5	0.82	1.42
			0.86			0.83	1.44

Der Widerstand und T haben sich nur innerhalb der Beobachtungsfehler verändert.

Nach diesen Versuchen über den Gang der Thermometer ging ich zum zweiten Theil über, welcher die Untersuchung über die Wärmewirkung verschiedener Dräthe umfasst. Zur Aufnahme der Dräthe wurde Th. III vorgerichtet. Es wurde hierzu in die Endflächen der Kapseln je ein Messingstück eingeschraubt, welches einen etwa drei Linien weiten und vier Linien tiefen hohlen Cylinder enthielt, der im Boden eine nach dem Innern des Glasbehälters zu gehende kurze Glasröhre trug; in den hohlen Cylinder passt ein massiver, der in der Mitte wieder eine nach aussen gehende kurze

Glaseröhre enthielt und durch eine übergreifende Schraube ohne Drehung hineingedrückt werden konnte. Nachdem der Drath durch den Glasbehälter gesteckt und mit seinen Enden durch die Glasröhren gezogen, dann der hohle Cylinder mit Wachs angefüllt war, wurden die Schrauben angezogen und damit das Wachs zum luftdichten Verschluss in die Röhren eingepresst. Die beiden äusseren Röhren standen mit ihren Endflächen, auf welche die Quecksilbernapfe geschoben wurden, um $17^{\circ}7$ von einander, $5''$ betrug die Länge der Glasröhren auf beiden Seiten zusammen gerechnet, so dass die Weite, auf welche der Drath im Innern frei war, $12^{\circ}7$ ausmachte. Ich habe diese Einrichtung ganz zweckdienlich gefunden, da ein sicherer Verschluss jedesmal ohne weitere Nachhilfe erfolgte. Der Verschluss wurde dadurch geprüft, dass bei geschlossener Klappe einige Luftblasen aus dem Behälter vom Gefäss aus gezogen wurden, worauf der Spiritus höher in die Röhre stieg und seinen Stand fest einhalten musste. — Bei den Versuchen kam es nun darauf an, sowohl den Widerstand des in Th. III befindlichen Draths, bezogen auf eine feste Einheit, als auch die von ihm entwickelte Wärme ebenfalls bezogen auf eine feste Einheit zu bestimmen. Da ich mich nach den früheren Reihen auf Th. II verlassen konnte, dass seine Angaben innerhalb enger Grenzen unveränderlich bleiben, so wurde der Widerstand von dem Drath in III durch Th. II, das mit $10' K$ den Schliessungsbogen der Batterie (A) + (B) bildete, durch Einschalten von Th. III gemessen, und ebenso wurde die Wärmeentwicklung durch Vergleichung mit Th. II gefunden. Um jedoch den Gang in Th. III auch in grösseren Zahlen zu erhalten, wurde dies Instrument, wenn es sich allein im Schliessungsbogen befand, ebenfalls beobachtet. Anfänglich machte ich mir noch mehr Mühe, indem ich erst die Widerstandsbeobachtungen ausführte, und dann die Thermometer noch einmal mit einander verglich. Da aber dadurch das gleiche Resultat erzielt wurde oder nur ein innerhalb der Beobachtungsfehler modificirtes, so vermied ich später diese Weitläufigkeit und beschränkte mich auf das Nothwendige. In den Columnen soll III und II bezeichnen, dass die Instrumente allein im Schliessungsbogen waren, (2) und (3), dass Th. II und Th. III, d. h. ihre Dräthe (2) und (3) eingeschaltet waren, die Ablesung jedoch an Th. III und an Th. II stattfand, III mit II, dass beide Instrumente wieder zugleich im Schliessungsbogen waren, dass aber an III und

an II abgelesen wurde. Mit w soll der Widerstand des Thermometerdraths (2) bezeichnet werden, wie er bezogen auf $10' K + (3)$ durch Th. III bestimmt wurde, durch w' der Widerstand des Thermometerdraths (3), wie er bezogen auf die feste Einheit $10' K + (2)$, d. h. $10' K + 17''$ Pl. durch Th. II gefunden wurde. Die Verhältnisszahlen der Erwärmungen in Th. II zu denen in Th. III gibt die Columne unter T an. — Da mehrere Dräthe in Spiralform eingezogen werden mussten, so machte ich erst einige Probeversuche, um sicher zu sein, dass kleine Änderungen in der Spiralform keinen störenden Einfluss ausübten. Es wurden dazu $40''$ von dem ältern Platindrath aus dem Stücke genommen, welches den Drath zu Th. II geliefert hatte, und zunächst ein Theil davon geradlinig in Th. II eingespannt. Die Neigung der Röhren blieb constant = 0.106 , auch hatte der Spiritus in beiden Röhren durchgehends eine Länge von $8''$.

Nr. 27. Älterer Platindrath $12^{\circ}7$.

L.	II.	III. mit II.		T
24	12.5	3.2	6.9	2.16
32	21.9	6.2	11.9	1.92
40	33.3	9.6	18.3	1.90
48	46.5	14.9	25.6	1.72
56	—	19.9	33.5	1.69
64	—	25.4	42.6	1.67

Diese Reihe gibt wieder in Th. III dieselben Zahlen wie die früheren fehlerhaften Reihen Nr. 11 und 12. Bei genauer Durchsicht fand sich, dass etwas Spiritus in den Behälter von der Röhre aus gekommen war. Es wurde also der Behälter sorgfältig gereinigt und ausgetrocknet, und der Versuch wiederholt.

Nr. 28. Älterer Platindrath $12^{\circ}7$.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	9.0	4.7	0.91	12.8	6.8	0.88	1.45
32	16.0	8.7	0.84	22.2	12.3	0.80	1.41
40	24.0	13.5	0.78	33.6	18.6	0.81	1.38
48	33.2	18.7	0.78	46.5	26.0	0.79	1.39
56	—	24.9	0.82	—	34.5	0.82	1.38
64	—	31.7	—	—	43.5	—	1.37
							1.40

Jetzt war Th. III erst im richtigen Gange und damit der wahre Grund zu den fehlerhaften Anzeigen gefunden. Es war nämlich auch früher dem Mechanicus Spiritus in den Behälter gekommen und er hatte mir das im Innern noch feuchte Instrument überliefert. Erst die Reinigung der Röhre oder vielmehr das längere Aussaugen der Luft aus dem Behälter hatte den Spiritusdampf entfernt, der sicher durch eine höhere specifische Wärme die Angaben erniedrigt. Eine weite und dazu eine kürzere Röhre wie von Th. III muss überhaupt eine Dampfwicklung nach dem Behälter hin begünstigen und kann demnach gerade nicht vortheilhaft erscheinen. In Th. II mit einer engern und längern Röhre habe ich einen nachtheiligen Einfluss des Spiritusdampfs gar nicht oder nur wenig bemerkt, selbst wenn der Spiritus wie gewöhnlich längere Zeit in dem Gefässe blieb und nicht erneuert wurde. Der grosse Behälter an Th. I dagegen scheint mehr Dampf enthalten zu haben, denn die schwächern kleinen Zahlen bei geringen Ladungen der Batterie möchte ich als Anzeichen hiervon gelten lassen. — Um in der Folge alle Störungen in Th. III zu beseitigen, wurde bei jedem neuen Drathe, der eingezogen wurde, vorher die Luft in dem Behälter erneuert; oder wenn derselbe Drath zu einer Repetition im Instrumente blieb, so wurde wenigstens der Spiritus aus dem Gefäss entfernt und eine längere Zeit Luft aus dem Behälter gezogen, wobei neue durch die Klappe einströmte. So habe ich später nie wieder eine Störung bemerkt. Wenn übrigens hier 17⁷ Platindrath nur denselben Widerstand leisten wie früher 17^{''}, so dürfte die grosse Wärme im Local, die von hier ab längere Zeit auf 22—23° C. blieb, die Veranlassung dazu gegeben haben.

Nr. 29. Älterer Platindrath 12⁷.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	III. mit II.		T
24	9·1	5·0	0·82	12·8	7·0	0·83	5·0	7·1	1·42
32	16·0	8·8	0·82	22·2	12·3	0·80	8·7	12·4	1·42
40	24·5	13·4	0·83	33·7	18·7	0·80	13·4	18·7	1·40
48	34·0	19·0	0·79	47·1	26·2	0·80	19·0	26·2	1·38
56	—	—	0·82	—	—	0·81	25·3	35·2	1·39
64	—	—	—	—	—	—	31·9	44·0	1·38
									1·40

$$T w' = 0·813.$$

Nr. 36. Repetition.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	III. mit II.		T
24	8·9	5·1	0·75	12·8	6·7	0·91	5·1	6·7	1·31
32	15·6	9·0	0·73	22·4	11·7	0·91	9·0	11·7	1·30
40	24·0	13·7	0·75	34·0	18·0	0·89	13·8	18·0	1·30
48	33·0	19·3	0·71	47·3	25·1	0·88	19·4	25·0	1·29
56	—	—	0·74	—	—	0·90	25·6	33·0	1·29
64	—	—	—	—	—	—	32·5	42·0	1·26
									1·29

Vergleicht man diese Reihen mit Nr. 28, 29, 30, so ist der Einfluss der Dehnung gar nicht zu verkennen. Es kann also als sicher angenommen werden, dass kleine Änderungen in der Form der Spirale nicht stören, was noch um so weniger der Fall sein konnte, als später alle Spiralen soweit als möglich gleichmässig gewickelt waren und durch den ganzen Behälter hindurch gingen.

Zu den nun folgenden Versuchen wählte ich die Metalle Platin und Eisen, jenes weil es sich mir bisher in dem Widerstande regelmässig gezeigt hatte, dieses, weil es von dem galvanischen Gesetze des Widerstands, dass derselbe umgekehrt proportional zum Querschnitt ist, abweicht (s. Sitzungsber. Bd. X, S. 276); es schien mir daher wichtig, gerade dieses Metall auf seine Wärmeentwicklung zu untersuchen. Die Dräthe von verschiedenen Durchmessern bezog ich aus Berlin mit der ausdrücklichen Vorschrift, sie aus demselben Stücke ziehen zu lassen. Von Platin erhielt ich sechs Sorten, von denen ich eine fortlassen musste, weil sie so viele eingesprungene Stellen hatte, dass ich ein längeres brauchbares Stück nicht finden konnte; von Eisen (Stahldrath) bekam ich ebenfalls sechs Sorten, die aber leider nicht fein genug waren. Die Durchmesser wurden einmal durch das Gewicht bestimmt, was aber nur das gegenseitige Verhältniss derselben angab, dann dadurch, dass die zu Spiralen gewundenen Dräthe mit ihren abgezählten Windungen ganz eng an einander gedrängt und die Längen gemessen wurden. Die letzte Bestimmungsweise halte ich für genau, indem wiederholte Messungen nur unbedeutende Differenzen ergaben. Von den Stahldräthen wurde der feinste und der stärkste allein zu Spiralen gewunden, und weil die Resultate stimmten, die Durchmesser der übrigen nach dem Gewichte berechnet. Eine grössere Sorgfalt schien

überflüssig, weil diese Dräthe, wie sich später zeigen wird, doch nicht benutzt werden konnten. Die Platindräthe haben dem Gewichte nach folgendes Verhältniss der Durchmesser:

Nr. 5	4	3	2	1
1·000	1·157	1·292	1·773	2·590

Die Messung gab die Durchmesser =

0 ^m 0947	0 ^m 1092	0 ^m 1228	0 ^m 1733	0 ^m 2557,
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------

also das Verhältniss derselben

1·000	1·155	1·296	1·830	2·721
-------	-------	-------	-------	-------

Während die drei ersten Sorten in beiden Bestimmungsweisen übereinkommen, weichen Nr. 2 und 1 bedeutender von einander ab, was seinen Grund sicher darin hat, dass sie, wie wir sogleich sehen werden, gegen die Bestellung doch nicht aus demselben Stücke gezogen worden sind. Die Stahldräthe haben dem Gewichte nach folgendes Querschnittsverhältniss:

Nr. VI	V	IV	III	II	I
1·00	1·31	1·54	2·18	2·98	3·18

Da Nr. VI zufolge der Messung einen Durchmesser von 0·215 Linien hat, so betragen die Durchmesser derselben

0 ^m 215	0 ^m 246	0 ^m 268	0 ^m 317	0 ^m 372	0 ^m 383
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Die directe Messung von Draht Nr. I gab den Durchmesser = 0^m384.

Zur Bestimmung des Widerstands der Platindräthe wurden von Nr. 5, 4, 3 32'', von Nr. 2 54'' und von Nr. 1 73'' genommen, sämmtlich gradlinig ausgestreckt.

Nr. 37. Widerstand der Platindräthe.

L.	II.	N. 1	w	N. 2	w	N. 3	w	N. 4	w	N. 5	w
24	12·8	8·9	0·44	8·0	0·60	8·0	0·60	7·4	0·73	6·4	1·00
32	22·6	15·9	0·42	14·3	0·58	14·0	0·61	12·9	0·75	11·4	0·99
40	34·5	24·3	0·42	21·9	0·58	21·5	0·60	19·8	0·74	17·5	0·97
48	48·1	34·0	0·41	31·0	0·55	30·4	0·58	28·1	0·71	24·7	0·95
			0·42		0·58		0·60		0·73		0·98

Nr. 38. Repetition.

L.	II.	N. 5	w	N. 4	w	N. 3	w	N. 2	w	N. 1	w
24	12.7	6.4	0.99	7.1	0.79	8.0	0.59	8.0	0.59	9.0	0.41
32	22.4	11.2	1.00	12.8	0.75	14.2	0.58	14.3	0.57	15.7	0.43
40	34.2	17.2	0.99	19.8	0.73	21.6	0.59	21.8	0.57	24.3	0.41
48	47.6	24.4	0.95	27.5	0.73	30.2	0.58	30.4	0.57	33.9	0.40
			0.98		0.75		0.58		0.57		0.41

Nach diesen Beobachtungen sind die Widerstände, bezogen auf die Widerstandseinheit $10' K + (2)$, im Mittel:

Nr. 5	4	3	2	1
0.98	0.74	0.59	0.575	0.415

Berechnet nach dem Gesetze, dass der Widerstand sich proportional zur Länge und umgekehrt proportional zum Quadrat des Durchmessers verhält, d. h. durch die Formel $\frac{\alpha L}{D^2}$ ausgedrückt wird, erhält man nach den drei ersten Nummern, wenn man L in Zollen und D nach dem mittlern Verhältniss aus Gewicht und Messung einträgt, $\alpha = 0.0308$ und die Widerstände =

0.985	0.737	0.589	0.512	0.319
-------	-------	-------	-------	-------

Will man nicht annehmen, dass bei dicken Dräthen das Gesetz ungiltig wird, so müssen die Dräthe Nr. 1 und 2 aus einem andern Stücke Platin gezogen sein. Wäre dies von derselben Art gewesen, wie der Thermometerdrath (2), den früher dieselbe Handlung geliefert hatte und der bei $0^m 081$ Durchmesser auf $15''$ Länge einen Widerstand = 0.72 darbietet, so berechnet sich der Widerstand von Nr. 2 auf 0.57 und von Nr. 1 auf 0.36 , also der Beobachtung zum Theil entsprechend. Da die Dräthe etwas hart waren, so wurden sie sämmtlich in einer Weingeistflamme ausgeglüht; allein der wiederholte Versuch mit Nr. 5 und 1 führte zu dem gleichen Resultate.

Die ebenfalls geradlinig gestreckten Eisendräthe hatten folgende Längen:

Nr. VI	V	IV	III	II	I
45 ^m 04	44.54	44.42	44.75	90.87	91.08

Nr. 39. Widerstand der Stahldräthe.

L.	II.	N. VI.	w	N. V.	w	N. III.	w	N. IV.	w	N. I.	w	N. II.	w
24	12.7	6.9	0.84	7.2	0.76	8.0	0.59	7.4	0.72	6.1	1.08	6.0	1.12
32	22.3	12.8	0.74	13.2	0.69	14.5	0.54	13.4	0.66	11.3	0.97	11.3	0.97
40	33.9	19.8	0.71	20.8	0.63	22.9	0.48	21.3	0.60	18.1	0.87	17.9	0.89
48	47.5	28.9	0.65	30.0	0.58	32.9	0.44	30.7	0.55	26.2	0.81	26.0	0.83
			0.74		0.67		0.51		0.63		0.93		0.95

Nr. 40. Repetition.

L.	II.	N. VI.	w	N. V.	w	N. III.	w	N. IV.	w	N. I.	w	N. II.	w
24	12.8	6.9	0.85	7.1	0.80	7.9	0.62	7.4	0.73	6.1	1.08	6.0	1.13
32	22.6	12.5	0.80	13.2	0.71	14.7	0.54	13.6	0.66	11.4	0.99	11.3	1.00
40	34.6	20.1	0.72	21.2	0.63	23.0	0.50	21.5	0.61	18.5	0.87	18.3	0.89
48	48.0	29.1	0.65	30.1	0.59	33.0	0.45	31.0	0.55	26.5	0.81	26.3	0.82
			0.76		0.68		0.53		0.64		0.94		0.96

Reducirt man das Mittel der beobachteten Werthe auf die Länge des Draths Nr. VI, also auf 45^r04, so erhält man folgende Werthe

Nr. VI	V	IV	III	II	I
0.75	0.68	0.64	0.52	0.47	0.46

oder das Verhältniss der Widerstände =

1.00	0.91	0.85	0.69	0.63	0.61
------	------	------	------	------	------

während das umgekehrte Verhältniss der Querschnitte

1.00	0.76	0.65	0.46	0.34	0.32
------	------	------	------	------	------

ist. Das für den galvanischen Strom giltige Gesetz des Widerstands findet also, wie ich dies bereits beobachtet habe, auf Stahl- oder Eisendräthe keine Anwendung, da selbst, wenn die Dräthe gegen die Vorschrift nicht aus demselben Stücke gezogen worden wären, doch solche Differenzen, wie sie der Versuch gibt, sicher nicht vorkommen dürften; auch würden schwächere Ströme nicht durchgängig viel mehr als stärkere gehemmt werden.

Hiernach wurden zunächst die Platindräthe theils geradlinig theils in Spiralforn in Th. III eingezogen.

Nr. 41. Platindrath Nr. 4 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	6·9	3·6	0·92	12·6	7·2	0·75	2·00
32	12·3	6·5	0·89	22·0	12·5	0·76	1·92
40	19·1	10·0	0·91	33·6	19·3	0·74	1·93
48	27·1	14·4	0·89	46·8	27·1	0·73	1·88
56	—	19·4	0·90		35·6	0·74	1·84
64	—	24·8			45·7		1·84
							1·90

$$Tw' = 1·193.$$

Nr. 42. Repetition.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	6·9	3·7	0·87	12·8	7·4	0·73	2·00
32	12·3	6·5	0·89	22·6	12·8	0·77	1·97
40	19·7	10·2	0·93	34·1	19·7	0·73	1·93
48	27·6	14·5	0·90	48·0	27·5	0·75	1·90
56	—	19·6	0·90	—	36·4	0·74	1·86
64	—	24·9		—	46·0		1·85
							1·92

$$Tw' = 1·206.$$

Nr. 43. Platindrath Nr. 4 57 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	5·9	4·0	0·48	12·6	5·1	1·47	1·28
32	10·7	7·1	0·51	22·1	9·0	1·45	1·27
40	16·8	11·1	0·52	33·6	13·6	1·51	1·23
48	23·8	15·7	0·52	47·4	19·3	1·46	1·23
56	—	21·3	0·51	—	25·7	1·47	1·21
64	—	27·4		—	32·9		1·20
							1·24

$$Tw' = 1·674.$$

Nr. 44. Platindrath Nr. 5 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	7·9	4·7	0·68	12·6	6·3	1·00	1·34
32	14·1	8·3	0·69	22·3	11·1	1·01	1·34
40	21·3	12·7	0·68	33·7	17·0	0·98	1·34
48	29·9	18·0	0·66	47·2	24·2	0·95	1·34
56	—	23·9	0·68	—	31·8	0·98	1·33
64	—	30·3	—	—	40·7	—	1·34
							1·34

$$Tw' = 1·108.$$

Nr. 45. Älterer Platindrath 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	10·4	7·0	0·49	12·4	5·0	1·48	0·71
32	18·4	12·3	0·49	21·9	8·7	1·52	0·71
40	28·1	19·3	0·46	32·9	13·3	1·47	0·69
48	39·1	26·8	0·42	45·5	18·7	1·44	0·70
56	—	35·1	0·47	—	24·8	1·48	0·71
64	—	45·1	—	—	31·2	—	0·69
							0·70

$$Tw' = 0·875.$$

Unter älterm Platindrath ist wie früher der in Th. II enthaltene Drath verstanden, dessen Widerstand relativ $\frac{2}{3}$ mal grösser als der der anderen Dräthe ist.

Nr. 46. Platindrath Nr. 3 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	5·4	2·7	1·00	12·5	7·9	0·57	2·92
32	9·9	4·8	1·07	22·1	13·7	0·61	2·85
40	15·3	7·3	1·09	33·4	20·9	0·60	2·60
48	21·4	10·5	1·04	46·5	29·3	0·58	2·79
56	—	14·0	1·05	—	38·5	0·59	2·75
64	—	17·7	—	—	48·0	—	2·71
							2·77

$$Tw' = 1·380.$$

Nr. 47. Platindrath Nr. 5 12'7.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	7·0	3·3	1·12	12·4	8·0	0·55	2·42
32	12·1	5·9	1·05	21·8	13·9	0·57	2·36
40	18·3	9·0	1·03	33·2	21·4	0·55	2·38
48	25·0	12·3	1·03	45·7	29·6	0·54	2·41
56	—	16·4	1·06	—	39·1	0·55	2·39
64	—	20·7	—	—	49·6	—	2·40
							2·39

$$T w' = 0.932.$$

Nr. 48. Platindrath Nr. 3 57 Zoll.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	5·7	3·5	0·63	12·8	6·0	1·13	1·71
32	9·6	5·9	0·63	22·5	10·2	1·20	1·73
40	15·4	9·4	0·65	33·7	16·0	1·11	1·70
48	21·1	13·0	0·62	46·7	22·1	1·11	1·70
56	—	17·6	0·63	—	29·4	1·14	1·67
64	—	22·0	—	—	37·1	—	1·68
							1·70

$$T w' = 1.785.$$

Zwischen den Reihen Nr. 47 und 48 war eine Unterbrechung von einigen Tagen, in denen sich die Temperatur etwas niedriger stellte. Es schien mir dies auf die beobachteten Zahlen einigen Einfluss zu üben, wesshalb die frühern Reihen wiederholt wurden. Später ist dieser Umstand nicht zu übersehen.

Nr. 49. Platindrath Nr. 4 57 Zoll.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	6·6	4·4	0·50	12·9	5·3	1·43	1·22
32	11·6	7·6	0·52	22·4	9·0	1·49	1·18
40	17·7	11·9	0·49	33·7	13·9	1·43	1·17
48	24·8	16·7	0·49	47·0	19·3	1·44	1·16
56	—	22·3	0·50	—	25·6	1·45	1·15
64	—	28·6	—	—	32·1	—	1·12
							1·17

$$T w' = 1.556.$$

Nr. 50. Platindrath Nr. 3. 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	6·4	3·3	0·94	12·9	8·2	0·57	2·48
32	10·6	5·5	0·93	22·8	14·0	0·63	2·55
40	16·1	8·2	0·96	34·0	21·1	0·61	2·57
48	21·6	11·1	0·95	46·2	29·1	0·59	2·62
56	—	14·9	0·95	—	38·2	0·60	2·56
64	—	18·3	—	—	48·4	—	2·64
							2·57

$$Tw' = 1·300.$$

Nr. 51. Platindrath Nr. 5. 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	8·6	5·0	0·72	12·9	6·4	1·01	1·28
32	15·5	8·8	0·76	22·4	11·5	0·95	1·31
40	23·6	13·7	0·72	33·9	17·2	0·97	1·26
48	32·5	19·5	0·67	46·3	24·4	0·90	1·25
56	—	25·7	0·72	—	31·4	0·96	1·22
64	—	32·5	—	—	39·7	—	1·22
							1·26

$$Tw' = 1·021.$$

Nr. 52. Platindrath Nr. 4. 27 Zoll.

L.	III.	(2)	w	II.	(3)	w'	T
24	7·5	4·0	0·88	12·8	7·4	0·73	1·85
32	13·0	7·0	0·86	22·6	12·8	0·77	1·83
40	19·6	10·6	0·85	33·8	19·7	0·72	1·86
48	27·2	14·9	0·83	46·1	27·2	0·70	1·83
56	—	19·5	0·86	—	35·3	0·73	1·81
64	—	24·6	—	—	44·6	—	1·84
							1·86

$$Tw' = 1·141.$$

Nr. 53. Platindrath Nr. 5. 12⁷.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	7·5	3·6	0·98	13·0	8·4	0·55	2·33
32	12·9	6·4	1·02	22·6	14·7	0·54	2·30
40	19·1	9·4	1·03	33·7	22·1	0·52	2·35
48	25·9	13·0	0·99	46·2	30·8	0·50	2·37
56	—	17·0	1·01	—	39·4	0·53	2·32
64	—	21·2	—	—	50·0	—	2·36
							2·34

$$Tw' = 0·899.$$

Nr. 54. Platindrath Nr. 2. 49 Zoll.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	3·4	1·7	1·00	13·0	8·2	0·59	4·82
32	5·8	3·0	0·93	22·8	14·2	0·60	4·73
40	8·9	4·5	0·98	33·9	21·7	0·56	4·82
48	12·2	6·1	1·00	46·7	30·0	0·56	4·92
56	—	8·0	0·98	—	38·9	0·58	4·86
64	—	10·1	—	—	49·5	—	4·90
							4·84

$$Tw' = 2·546.$$

Nr. 55. Platindrath Nr. 1. 68 Zoll.

L.	III.	(2)	<i>w</i>	II.	(3)	<i>w'</i>	<i>T</i>
24	—	—	—	13·0	8·9	0·46	—
32	—	—	—	22·7	15·6	0·45	—
40	3·9	1·8	1·17	33·5	23·2	0·44	12·89
48	5·4	2·3	1·35	46·6	32·3	0·41	14·04
56	—	3·2	1·26	—	42·6	0·44	13·31
64	—	4·0	—	—	53·4	—	13·35
							13·40

$$Tw' = 5·494.$$

In Betreff dieser Beobachtungen ist nur zu bemerken, dass namentlich die stärkeren und längeren Dräthe ihre Wärme langsam

verlieren; schliesst man daher die Klappe wie gewöhnlich, so zieht sich durch Wärmeverlust an die Glaswand der Spiritus noch etwas in die Höhe. Man muss deshalb zwischen je zwei Beobachtungen eine längere Zeit warten, was das Experimentiren erschwert; bei den stärkeren Eisendräthen war dies noch peinlicher.

Hierauf kamen die oben erwähnten Eisendräthe zur Untersuchung, wobei zur Abkürzung die Beobachtungen an Th. III allein übergangen wurden.

Nr. 56. Stahldrath Nr. VI. 39 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1·4	13·4	7·1	0·89	5·07
32	2·3	23·0	13·1	0·76	5·70
40	3·2	34·1	20·1	0·70	6·28
48	4·3	47·6	29·2	0·63	6·79
				0·74	5·96

$$Tw' = 3·934.$$

Wie die Columnen unter (2) und T zeigen, konnten die Beobachtungen nicht fortgesetzt werden, da die folgenden noch stärkeren Dräthe viel zu kleine Zahlen in Th. III gegeben hätten und somit die Resultate zu unsicher geworden wären. Um indess Stahldräthe (Claviersaiten) nicht auszuschliessen, nahm ich zunächst eine feine mit Nr. 7 bezeichnete Sorte (alte Sorte), die mir gerade zur Hand war. Der Durchmesser betrug nach der Messung 0·1114 Linien.

Nr. 57. Stahldrath alte Sorte Nr. 7. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	3·7	12·8	5·0	1·56	1·35
32	6·2	22·3	8·9	1·50	1·43
40	9·5	33·6	14·0	1·40	1·47
48	13·3	47·3	20·2	1·34	1·52
56	17·5	—	27·5	1·45	1·57
64	22·2	—	35·2		1·59

$$Tw' = 1·91.$$

Nr. 58. Repetition.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	3·5	12·7	4·9	1·59	1·40
32	6·3	22·2	8·9	1·49	1·40
40	9·6	33·8	14·0	1·42	1·46
48	13·0	47·2	20·2	1·34	1·55
56	17·5	—	27·5	1·46	1·57
64	21·8	—	35·1		1·60

$$Tw' = 1·94.$$

Diese Reihen repräsentiren vollständig die Beobachtungen, wie sie in der Folge immer erhalten wurden. Bei den geringeren Ladungen ist der Widerstand w' grösser als bei den stärkeren; dem entsprechend ist T erst kleiner und wird dann grösser. Um daher T in dem richtigen Verhältniss zu w' zu erhalten, mussten die beiden letzten Zahlen bei $L = 56$ und 64 aus dem Mittel ausgeschlossen werden.

Da also die Beobachtungen mit diesem feineren und längeren Eisendrath Aussicht auf Erfolg gaben, so entnahm ich aus einer hiesigen Handlung 8 Sorten Clavierdrath, der von derselben Stelle bezogen war. Der Signatur und den Rollen nach stimmten Nr. 1, 2, 3, 4 unter sich überein, ebenso wieder Nr. 7 und 8, Nr. 5 und 6 waren verschieden. Die wie früher an den Spiralen ausgeführte Messung gab die Durchmesser folgendermassen an:

Nr. 8	7	6	5	4	3	2	1
0 ^m 1065	0 ^m 1216	0 ^m 1362	0 ^m 1480	0 ^m 1700	0 ^m 1919	0 ^m 2119	0 ^m 2312

Die Widerstände dieser Dräthe wurden nur in der Spiralforn bestimmt, weil die vorstehenden Versuche mit den Platindräthen bei Spiralen mit so kleinen Ringen keine Differenz gegen gestreckte Dräthe aufgewiesen hatten.

Nr. 59. Stahldrath Nr. 8. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	4·0	13·0	5·1	1·52	1·28
32	6·6	22·8	9·0	1·54	1·36
40	10·2	34·0	14·3	1·38	1·40
48	14·0	47·1	20·7	1·28	1·48
56	18·0	—	27·5	1·43	1·53
64	22·7	—	35·5		1·56

$$Tw' = 1·814.$$

Nr. 60. Stahldrath Nr. 7. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	3·5	13·0	5·2	1·50	1·49
32	5·9	22·9	9·5	1·41	1·61
40	8·8	34·6	15·0	1·31	1·70
48	13·1	47·6	21·5	1·21	1·65
56	16·5	—	28·9	1·36	1·75
64	21·3	—	36·5		1·71

$$Tw' = 2·012.$$

Nr. 61. Stahldrath Nr. 6. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	3·2	13·2	5·7	1·31	1·78
32	4·9	22·8	10·4	1·19	2·10
40	7·4	34·7	16·1	1·15	2·17
48	10·1	47·7	22·8	1·09	2·26
56	13·0	—	30·6	1·18	2·35
64	16·0	—	40·1		2·50

$$Tw' = 2·267.$$

Nr. 62. Stahldrath Nr. 5. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	2·6	13·3	5·9	1·25	2·27
32	4·2	23·1	10·6	1·18	2·53
40	6·2	34·0	16·4	1·08	2·64
48	8·3	47·3	23·9	0·98	2·88
56	10·7	—	31·6	1·12	2·95
64	13·4	—	40·5		3·02

$$Tw' = 2·657.$$

Nr. 63. Stahldrath Nr. 4. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	2·0	13·3	6·0	1·22	3·00
32	3·2	23·3	10·7	1·11	3·34
40	4·7	35·0	16·9	1·07	3·60
48	6·6	47·8	24·0	0·97	3·64
56	8·2	—	32·0	1·10	3·88
64	10·3	—	41·3		4·01

$$Tw' = 3·434.$$

Nr. 64. Stahldrath Nr. 3. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1.7	13.4	6.4	1.09	3.77
32	2.6	23.2	11.8	0.97	4.54
40	3.9	34.4	18.7	0.84	4.80
48	5.2	47.9	26.3	0.82	5.06
56	6.5	—	35.4	0.93	5.45
64	8.0	—	44.3		5.55

$$Tw' = 3.882.$$

Nr. 65. Stahldrath Nr. 2. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1.2	13.4	6.8	0.97	5.67
32	2.0	23.0	12.4	0.85	6.20
40	3.1	34.8	19.5	0.79	6.29
48	4.1	47.8	27.4	0.75	6.68
56	5.2	—	36.5	0.84	7.02
64	6.5	—	47.4		7.29

$$Tw' = 4.794.$$

Nr. 66. Stahldrath Nr. 1. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1.0	13.4	7.0	0.91	7.00
32	1.7	23.0	12.8	0.80	7.53
40	2.5	34.9	19.8	0.76	7.92
48	3.4	48.2	28.3	0.70	8.32
56	4.3	—	37.8	0.79	8.81
64	5.4	—	49.3		9.13

$$Tw' = 5.598.$$

Nr. 67. Stahldrath Nr. 1. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1.1	13.3	6.9	0.93	6.27
32	1.8	22.7	12.5	0.82	6.95
40	2.6	34.4	19.8	0.74	7.62
48	3.6	47.4	28.1	0.69	7.89
				0.80	7.18

$$Tw' = 5.246.$$

Nr. 68. Stahldrath Nr. 2. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	1·3	13·2	6·6	1·00	5·08
32	2·1	23·0	12·0	0·92	5·71
40	3·0	34·6	19·0	0·82	6·33
48	4·1	47·8	27·2	0·76	6·63
				0·88	5·94

$$Tw' = 4·752.$$

Nr. 69. Stahldrath Nr. 3. 57 Zoll.

L.	(2)	II	(3)	w'	T
24	1·5	13·3	6·3	1·11	4·20
32	2·5	22·8	11·6	0·97	4·64
40	3·7	34·4	18·2	0·89	4·92
48	5·0	47·7	26·2	0·82	5·24
				0·95	4·75

$$Tw' = 4·146.$$

Nr. 70. Stahldrath Nr. 4. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	2·1	13·2	5·7	1·31	2·71
32	3·5	22·8	10·4	1·19	2·97
40	5·0	34·8	16·7	1·09	3·37
48	6·8	48·2	24·0	1·01	3·53
				1·15	3·14

$$Tw' = 3·319.$$

Nr. 71. Stahldrath Nr. 5. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	2·7	13·2	5·9	1·24	2·19
32	4·2	22·9	10·5	1·18	2·50
40	6·0	33·9	16·7	1·03	2·78
48	8·3	48·3	23·9	1·02	2·88
				1·12	2·59

$$Tw' = 2·658.$$

Nr. 72. Stahldrath Nr. 6. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	2·8	13·4	5·6	1·39	2·00
32	4·9	23·0	10·1	1·28	2·06
40	7·2	34·5	16·2	1·13	2·25
48	9·8	48·3	23·0	1·10	2·35
				1·22	2·16

$$Tw' = 2·437.$$

Nr. 73. Stahldrath Nr. 7. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	3·5	13·4	5·3	1·53	1·51
32	6·0	22·8	9·5	1·40	1·58
40	8·8	34·6	15·0	1·31	1·70
48	12·2	47·7	21·9	1·18	1·80
				1·35	1·65

$$Tw' = 2·054.$$

Nr. 74. Stahldrath Nr. 8. 57 Zoll.

L.	(2)	II.	(3)	w'	T
24	4·3	13·4	5·1	1·63	1·19
32	6·6	23·0	9·3	1·47	1·41
40	9·9	34·5	14·5	1·38	1·46
48	13·4	48·0	20·8	1·31	1·55
				1·45	1·40

$$Tw' = 1·866.$$

Auch diese gleich langen Dräthe weichen in ihrem Widerstande von dem galvanischen Gesetze völlig ab; später wird zur bequemerem Übersicht eine Zusammenstellung folgen.

Da ich gern durch Versuche den Einfluss eines kleineren Behälters feststellen wollte, so nahm ich noch ein älteres Thermometer (Th. IV) hinzu, dessen Behälter zwar 42000 Kubiklinien hält, in welchem aber durch hineingeschobene Glaszylinder eine Verkleinerung bewirkt werden konnte. Der Behälter ist nämlich oben mit einer Messingplatte geschlossen, durch welche insolirt zwei starke, an den Enden mit Klemmen versehene Kupferdräthe gehen, zwischen welchen der

Platindrath befestigt werden kann. Das Thermometer hat überdies eine enge Röhre von nur 0·31 Quadratlinien Querschnitt, wesshalb ich es längst bei Seite gesetzt hatte, was aber jetzt, um auch diesen Einfluss noch näher zu beachten, gerade von Werth war. Der in Spiralförmig eingeführte Platindrath war von der älteren Sorte und bot einen Widerstand von 0·76 dar. Misslich war hier nur die Beobachtung selbst an Th. IV, indem sich der Spiritus langsam und unsicher fortbewegte, sich auch schwer einstellte. Bei der folgenden Vergleichung mit Th. II war die Neigung beider Röhren 0·106 und die Spiritussäulen $8\frac{1}{2}$ und $8\frac{1}{4}$ Zoll lang.

Nr. 75. Th. IV und Th. II $n = 0\cdot106$.

L.	IV.	(2)	w	II.	(4)	w	T
24	14·5	8·4	0·73	12·9	7·4	0·74	1·13
32	23·8	14·1	0·69	22·7	12·7	0·79	1·11
40	35·5	21·0	0·70	33·3	19·1	0·74	1·10
48	47·0	27·9	0·68	46·7	26·5	0·76	1·05
			0·70			0·76	1·10

Nr. 76. Repetition.

L.	IV.	(2)	w	II.	(4)	w	T
24	15·0	8·6	0·74	13·0	7·4	0·76	1·16
32	24·2	14·5	0·67	22·6	12·6	0·79	1·15
40	34·7	20·8	0·67	33·7	19·5	0·73	1·07
48	45·8	27·1	0·69	46·6	27·0	0·73	1·00
			0·69			0·73	1·10

Der Gang der Erwärmungen in Th. IV ist dem in Th. I ähnlich, nur haben, wie bemerkt, die Zahlen nicht dieselbe Schärfe. T gibt hier an, um wie vielmal die beobachteten Zahlen in Th. IV grösser als in Th. II sind, wenn beide Instrumente sich zugleich im Schliessungsbogen befinden. — Hierauf wurden gegen den Deckel des Th. IV zwei oben und unten verschlossene Glascylinder gekittet, die zusammen 9960 Kubiklinien Raum einnahmen, den Behälter also auf etwa 32000 Kubiklinien brachten. Dies gab:

Nr. 77. Th. IV und Th. II.

L.	IV. mit II.		T
24	4·8	7·4	0·65
32	8·1	12·8	0·63
40	12·2	19·4	0·63
48	17·5	27·2	0·64
			0·64

Die Glascylinder standen von der Platinspirale nur etwa 3 Linien ab und nahmen desshalb zu viele Wärme fort; statt dass Th. IV hätte grössere Zahlen geben sollen, wurden sie kleiner. Der eigentliche Zweck war somit nicht erreicht worden.

Nachdem die vorstehenden Versuche mit den verschiedenen Luftthermometern bereits mehrere Anhaltspunkte für die Construction dieser Instrumente geliefert haben, wollen wir diejenigen theoretischen Betrachtungen anreihen, welche zu einer klareren Beurtheilung der einzelnen hier in Betracht kommenden Verhältnisse führen.

Der Behälter des Thermometers umschliesse ein Volumen Luft = v , deren specifisches Gewicht = γ und deren specifische Wärme bei wenig verändertem Volumen = c sei; der darin gespannte Drath habe ein Volumen V , ein specifisches Gewicht g , eine specifische Wärme C und biete einen Widerstand = w dar; die constante und gleichmässig stark geladene Batterie entwickle im Drathe durch die Entladung ein Wärmequantum = W , welches die Luft um t und den Drath um αt in der Temperatur erhöhe, so ist

$$W = VCg\alpha t + v c \gamma t.$$

Diese Gleichung ist nur annähernd richtig und wird bei verschiedenen Thermometern verschieden modificirt. Denn da die Wärme vom Drath aus sich der Luft mittheilt, so kann dieselbe in der Zeit, während welcher die Beobachtung beendet wird, noch nicht gleichmässig durchwärmt sein; eben so findet bereits ein Wärmeverlust durch Mittheilung an die Glaswand Statt, der um so beträchtlicher sein wird, je enger das Glas den Drath umschliesst. Der erste Punkt

hat indess auf die Formel in sofern keinen Einfluss, als t die mittlere Wärme der Luft bezeichnet, also von ihrer wirklichen Vertheilung absieht, der andere Umstand dagegen lässt sich nur durch Vergleichung verschiedener Thermometer nach seiner Bedeutung beurtheilen. Dass der Drath, wenigstens während der Dauer der Beobachtung nicht bis zur mittleren Temperatur der Luft abgekühlt sein kann, ist an sich einleuchtend, doch dürfte seine Erwärmung in demselben Thermometer zur mittleren Temperaturerhöhung der Luft ziemlich genau in constantem Verhältniss stehen, so dass α eine durch die Versuche zu ermittelnde Constante ausdrückt. Nehmen wir den durch frühere Versuche bereits erwiesenen Satz auf, dass das entwickelte Wärmequantum W unter sonst gleichen Verhältnissen dem Widerstande w des Drathes proportional ist, so verwandelt sich die Gleichung in

$$VCg\alpha t + vcyt = \beta w, \quad (1)$$

worin β eine Constante ist, die in verschiedenen Thermometern wegen des ungleichen Wärmeverlustes an die Glaswand etwas in ihrem Werthe schwankt und sich auch bei demselben Thermometer ändert, wenn die Ladung der Batterie oder die Batterie selbst geändert wird, worauf schon oben bei den Versuchen selbst als auf ein noch nicht in allen Beziehungen klares Verhältniss hingewiesen worden ist. — Durch die Erhöhung der Lufttemperatur um t Grade geht das Volumen v derselben in $v(1 + \delta t)$ über, worin δ den Ausdehnungscoefficienten der Luft bezeichnet, und die so ausgedehnte Luft verdrängt den Spiritus in der Röhre um d Scaleneinheiten und zwar so, dass, wenn s den Querschnitt der Röhre angibt,

$$v\delta t = sd \quad (2)$$

ist. Eine Verdrängung des Spiritus um d Scalentheile kann aber nicht erscheinen, weil der Spiritus in das Gefäss am Ende der Röhre eintritt, und das Niveau in demselben jetzt höher steht als das Niveau des in der Röhre zurückgedrängten Spiritus. Setzen wir also die Neigung der Röhre = n und das Verhältniss des Röhrenquerschnittes zum Querschnitt des Gefässes = m , ferner den Barometerstand in Scaleneinheiten gemessen = b , das Verhältniss der specifischen Gewichte von Quecksilber und Spiritus = φ , bezeichnen wir endlich

lich mit \mathfrak{S} den beobachteten Rückgang des Spiritus in Scalentheilen, so ist nach dem Mariotte'schen Gesetze

$$\frac{v + sd}{v + s\mathfrak{S}} = \frac{b\varphi + (n+m)\mathfrak{S}}{b\varphi},$$

oder, wenn man $\frac{d-\mathfrak{S}}{\mathfrak{S}} = z$, also $\frac{d}{\mathfrak{S}} = 1 + z$ setzt,

$$v = \frac{s z b \varphi}{(n+m)} - s \mathfrak{S}$$

oder mit Vernachlässigung des seinem Werthe nach unbedeutenden Gliedes $s \mathfrak{S}$

$$v = \frac{s z b \varphi}{n+m} \quad \text{und} \quad s z = \frac{v(n+m)}{b \varphi}. \quad (3)$$

Nach (2) ist $t = \frac{s d}{\delta v} = \frac{s(1+z)\mathfrak{S}}{\delta v}$, also folgt aus (1) je nach

der Form, welche man der Gleichung geben will,

$$\begin{aligned} \mathfrak{S} &= \frac{\delta v \beta w}{s(1+z)\{VCga + v c \gamma\}} = \frac{\delta z b \varphi \beta w}{(n+m)(1+z)\{VCga + v c \gamma\}} \\ &= \frac{\delta v b \varphi \beta w}{\{s b \varphi + v(n+m)\}\{VCga + v c \gamma\}} \quad (4) \end{aligned}$$

Der von mir angewandte Spiritus war von 88% dem Gewichte nach, was bei 20° C. nach Schmidt ein specifisches Gewicht = 0·823 gibt; mit einem Aräometer, der für 12½° R. graduirt ist, fand sich dasselbe = 0·834; ich werde 0·83 rechnen, was vielleicht noch etwas zu hoch ist. Da die Beobachtungen bei einer Temperatur des Locals zwischen 18 und 23° C. angestellt wurden und bei einem Barometerstande, der etwa um 4''' schwankte und im Durchschnitt das hier giltige Mittel von 326"5 (bei 0°) einhielt, so ist, das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13·598 gesetzt, $b\varphi = 5350$, indem sämtliche Scalen meiner Luftthermometer nach Pariser Linien eingetheilt sind. In Betreff der Constanten setze ich $c = 0·1878$, γ (bei 20° C. und 326"5 Barometerstand) = $\frac{1}{850}$, also $c\gamma =$

0·000221, beim Platindrath $g = 0·0324$, $C = 20·0$, beim Stahldrath $g = 0·1138$ und $C = 7·8$, endlich $\delta = 0·004$. Abgesehen davon, dass $b\varphi$ nicht durch alle Beobachtungsreihen constant blieb (obschon ich mir b und die Temperatur des Locals jedesmal notirt habe, würde doch eine Correction des Werthes keinen besonderen Nutzen schaffen), und dass δ wegen des im Thermometer enthaltenen Spiritusdampfes nur annähernd richtig ist, können die Werthe für g und c keinen Anspruch auf eine auch nur annähernd befriedigende Genauigkeit machen, da der Platindrath schon nach den Widerstandsbeobachtungen ungleich, somit nicht rein ist, auch die specifische Wärme der Stahldräthe schwerlich mit den über den Stahl vorhandenen Angaben übereinkommt, die specifische Wärme der Luft endlich um des Spiritusdampfes willen von der für trockene Luft giltigen sicher nicht unbedeutend abweicht. Wäre demnach selbst der Werth von β bekannt, so könnte die so eben aufgestellte Formel (4) doch nimmer genügen, um \mathcal{S} auch nur annähernd richtig zu berechnen. Allein darin besteht auch der Werth der Formel keineswegs, er liegt vielmehr darin, dass bei einer Vergleichung zweier Angaben desselben Thermometers mit veränderter Neigung oder verändertem Drathe, ebenso bei der Vergleichung zweier Thermometer die in ihrem Werthe unsicheren Grössen g und c so zu einander treten, dass die fehlerhafte Bestimmung sich entweder eliminirt oder auf den Werth von α schlägt, welcher durch die Versuche selbst unter Annahme der obigen Werthe ermittelt wird.

Die Querschnitte der Röhren habe ich dadurch bestimmt, dass ich eine längere Spiritussäule durch Erwärmung des Thermometers in das Gefäss zurückdrängte und die Veränderung des Niveaus in demselben mass. Dies gab zugleich die Werthe von m .

Therm.	Länge der Spiritussäule	Erhebung des Niveaus		Querschnitt des Gefässes	s	m
		im Gefäss	Mittel			
I.	144'''	1·7 1·5 1·6	1·6	59·4□'''	0·66□'''	0·011
II.	120	1·2 1·2	1·2	64·0	0·64	0·010
III.	96	1·7 1·5	1·6	63·0	1·05	0·017
IV.	204	1·5 1·3	1·4	45·4	0·31	0·007

Um z direct zu messen, wurde unter Beobachtung des Spiritusstandes in der Röhre die Klappe am Behälter geschlossen, dann Spiritus in's Gefäß zugegossen, der Stand wieder notirt, und endlich noch einmal nach geöffneter Klappe beobachtet. Die dritte Beobachtung von der zweiten abgezogen gibt \mathcal{S} , die zweite von der ersten $d - \mathcal{S}$, also z aus $\frac{d - \mathcal{S}}{\mathcal{S}}$.

Th. I. $n = 0.106$.

$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z
40.9	12.8	3.19
31.5	9.9	3.18
24.9	8.2	3.04
27.3	9.7	2.82
		3.06

Th. IV. $n = 0.106$.

$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z
43.1	16.1	2.68
67.6	25.6	2.64
63.5	21.9	2.90
43.9	15.1	2.91
		2.78

Th. II. $n = 0.106$. $n = 0.173$ $n = 0.056$.

$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z	$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z	$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z
15.8	16.9	0.935	21.9	14.2	1.542	16.0	28.5	0.561
24.0	25.0	0.960	8.6	5.8	1.500	13.3	25.5	0.522
17.0	17.1	0.994	7.7	5.3	1.453	17.0	30.0	0.567
23.8	24.1	0.988	12.2	8.4	1.452	11.5	21.5	0.535
13.0	13.6	0.948			1.487	18.2	32.0	0.597
		0.965						0.556

Th. III. $n = 0.106$. $n = 0.056$.

$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z	$d - \mathcal{S}$	\mathcal{S}	z
18.5	20.0	0.925	7.8	16.7	0.467
15.4	17.5	0.880	13.8	26.4	0.523
13.5	15.2	0.895	15.4	28.7	0.536
14.1	15.7	0.898	12.1	25.3	0.478
17.3	19.2	0.901			0.501
		0.900			

Diese Werthe lassen sich zunächst nach Formel (3) prüfen; denn stellt man dasselbe Thermometer erst um n , dann um n' geneigt,

wodurch z in z' übergeht, so muss $\frac{z'}{z} = \frac{n' + m}{n + m}$ sein. Für Th. II hat man $\frac{z'}{z} = \frac{1.487}{0.965} = 1.54$ und $\frac{n' + m}{n + m} = \frac{0.183}{0.116} = 1.58$, ebenso $\frac{z'}{z} = \frac{0.965}{0.536} = 1.74$, und $\frac{n' + m}{n + m} = \frac{0.116}{0.066} = 1.76$, also in hinreichender Übereinstimmung. Für Th. III ist $\frac{z'}{z} = \frac{0.900}{0.501} = 1.80$ und $\frac{n' + m}{n + m} = 1.69$. Wenn diese Werthe mehr von einander abweichen, so möchte der Grund darin liegen, dass bei diesem Instrumente die Röhre oben nicht eng an das Brett, welches die Scale trägt, anschliesst, und demnach der Stand der Libelle, welche auf das Brett aufgesetzt werden musste, einer Correction bedurfte, die vielleicht nicht genau genug angenommen wurde.

Das Volumen v der Behälter berechnet sich nach (3) aus $v = \frac{sz b\varphi}{n+m}$. Man erhält auf diese Weise:

	s	z	n	m	v
Th. I.	0.66	3.06	0.106	0.011	92350
„ II.	0.64	0.965	0.106	0.010	28486
	„	1.487	0.173	„	27822
	„	0.536	0.056	„	28844
„ III.	1.05	0.900	0.106	0.017	41103
	„	0.501	0.056	„	38552
„ IV.	0.31	2.78	0.106	0.007	40802

Die directen Bestimmungen von v konnten nur unvollkommen durch Messungen von aussen ausgeführt werden, wobei die Glasstärke nicht sicher zu schätzen war. Ich habe sie zu $\frac{3}{4}$ ''' angenommen, was etwas zu gering sein möchte. Der Hauptcylinder bei Th. I ist 8'' lang und hat einen Umfang von 9'' 6''; die Hälse haben 1'' 4''' Länge bei einem Umfang der Messinghülsen von 4'' 10'', der Zwischentheil ist kurz; die Berechnung gibt $v = 97715$. Der Cylinder an Th. II hat 14'' 11''' Länge bei 4'' 2''' Umfang, wozu der Ansatz bis zur Röhre kommt; die Rechnung gibt $v = 30000$. Am schwierigsten ist der Behälter an Th. III zu messen. In der Mitte hat er etwa auf 4'' Länge 7'' 7''' Umfang, dann 1'' auf jeder Seite weiter 5'' 4''' Umfang; dies gäbe zunächst $v = 37198$. Die noch fehlen-

den Enden liessen sich aber wegen der bedeutenden Glasstärke von aussen nicht abschätzen, denn die innere Weite an dem einen Ende betrug nur $3\frac{1}{2}$, am andern $5\frac{1}{2}$ Linien. Der Behälter an Th. IV konnte von innen gemessen werden und hier wird $v = 42200$ ziemlich genau sein. Im Allgemeinen liefert die directe Messung etwas grössere Zahlen als die obige Berechnung. Will man nicht das specifische Gewicht des Spiritus auf $0\cdot82$ herabsetzen, wodurch die berechneten Zahlen um $\frac{1}{82}$ grösser werden, so liegt der Fehler in der mittleren Beobachtung zur Bestimmung von z , wo wegen der Capillarattraction sich der Spiritus etwas langsam in's Gleichgewicht setzt; dadurch werden die beobachteten Zahlen leicht etwas zu klein, also \mathcal{S} zu gross, $d - \mathcal{S}$ zu klein und $z = \frac{d - \mathcal{S}}{\mathcal{S}}$, somit auch v zu klein. Ich werde übrigens die berechneten Werthe beibehalten, da der Einfluss auf die weiteren Berechnungen nur gering ist.

Der Werth von α folgt aus den Reihen Nr. 41 — 74, wo verschieden starke Platin- und Stahldräthe in Th. III eingezogen waren; ihr Widerstand wurde durch Th. II bestimmt und zugleich das Wärmeverhältniss von III zu II beobachtet. In Th. II war der constante Widerstand = $0\cdot632$, nämlich von $13'' 2'''$ Drath, wovon $15''$ einen Widerstand = $0\cdot72$ darbieten; die Neigung beider Instrumente betrug $0\cdot106$. Ist also bei derselben Ladung der Batterie in Th. II

$$\mathcal{S} = \frac{\beta w \delta z b \varphi}{(n + m)(1 + z)(VCga + v c \gamma)}$$

und in Th. III

$$\mathcal{S}' = \frac{\beta' w' \delta z' b \varphi}{(n + m')(1 + z')(V' C' g' a' + v' c \gamma)'}$$

so folgt

$$\begin{aligned} \frac{\mathcal{S}}{\mathcal{S}'} &= T = \frac{\beta w}{\beta' w'} \cdot \frac{n + m'}{n + m} \cdot \frac{z(1 + z')}{z'(1 + z)} \cdot \frac{V' C' g' a' + v' c \gamma}{VCga + v c \gamma} \quad (5) \\ &= \frac{\beta \cdot 0\cdot632}{\beta' w'} \cdot \frac{0\cdot123}{0\cdot116} \cdot \frac{0\cdot965 \times 1\cdot900}{0\cdot900 \times 1\cdot965} \cdot \frac{V' C' g' a' + v' c \gamma}{VCga + v c \gamma} \\ &= \frac{\beta \cdot 0\cdot6948}{\beta' w'} \cdot \frac{V' C' g' a' + v' c \gamma}{VCga + v c \gamma}; \end{aligned}$$

also

$$V' C' g' \alpha' + v' c \gamma = \frac{V C g \alpha + v c \gamma}{0.6948} \cdot \frac{\beta'}{\beta} T w'$$

oder

$$1 + \frac{C' g' \alpha'}{v' c \gamma} V' = \frac{V C g \alpha + v c \gamma}{0.6946 v' c \gamma} \cdot \frac{\beta'}{\beta} T w'.$$

Setzt man hierin $v' = 41103$, $v = 28486$, $c \gamma = 000221$, $V = 0.814$ und zunächst für die Platindräthe $Cg = C'g' = 0.648$, so ist

$$1 + 0.071 \alpha' V' = \frac{0.527 \alpha + 6.295}{6.311} \cdot \frac{\beta'}{\beta} T w'$$

oder

$$1 + x V' = E T w'.$$

Die Constanten x und E wurden aus den in der folgenden Tabelle zusammengestellten Beobachtungen mit Ausschluss der drei letzten nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet und die erhaltenen Werthe $x = 0.182$ und $E = 1.313$ in die Formel eingetragen.

Nr. der Beob.	Pldr. Nr.	Durchmesser	Querschnitt	Länge	V' Kub. Lin.	T beobachtet	w' beobachtet	Tw' beobachtet	Tw' ber.
47.53	5	0 ^m 0947	0.00704	12 ⁵ 7	1.073	2.39 2.34	0.39 0.38	0.93 0.90	0.91
44.51	"	"	"	27.0	2.290	1.34 1.26	0.83 0.81	1.11 1.02	1.08
41)	52	0.1092	0.00936	27.0	3.032	1.91 1.86	0.63 0.62	1.20 1.14	1.18
42)									
43.49	"	"	"	57.0	6.402	1.24 1.17	1.35 1.33	1.67 1.56	1.64
46.50	3	0.1228	0.01185	27.0	3.839	2.77 2.57	0.50 0.51	1.38 1.30	1.29
48	"	"	"	57.0	8.105	1.70	1.05	1.79	1.88
54	2	0.1704	0.02282	49.0	13.418	4.84	0.53	2.55	2.69
55	1	0.2460	0.04755	68.2	38.801	13.40	0.41	5.49	6.11

Da die Berechnung von Tw' mit den Beobachtungen gut übereinstimmt (denn die drei letzten Werthe mussten nach dem, was oben bei den Versuchen selbst bemerkt wurde, in der Rechnung

grösser als in der Beobachtung ausfallen), so ist $\alpha' = \frac{0.182}{0.071} = 2.56$.

Auffallender Weise lassen sich mit diesen Werthen von x und E die Beobachtungen an dem älteren Platindrathe, der ebenfalls in Th. II ist, nicht berechnen; denn wählt man die am meisten zuverlässigen Beobachtungen Nr. 29 und 45 aus, wo die Längen des Draths in Th. III 12.7 und 27.0 Zoll waren, und wo $Tw' = 0.813$ und $= 0.875$ beobachtet wurde, so gibt die Rechnung $Tw' = 0.87$ und 1.00 , also viel zu grosse Werthe. Aus den beiden mit einander combinirten Beobachtungen folgt aber $x = 0.091$ und $E = 1.318$. Da der letztere Werth mit dem vorigen fast genau übereinkommt, so kann auch x nicht besonders fehlerhaft sein. Wir finden also für diesen Drath $\alpha' = \frac{0.091}{0.071} = 1.28$ d. h. viel kleiner als vorher und

zwar, wie es mir sicher zu sein scheint, in Folge der veränderten specifischen Wärme und des veränderten Ausstrahlungs-Coëfficienten. Eine nicht leicht zu entscheidende Frage ist es nun, ob beim Thermometerdrath (2) α ebenfalls $= 1.28$ zu setzen ist, da hier das Gefäss den ganzen Drath etwas näher umschliesst, und deshalb der Spiritus schneller zurückgeht, wodurch die Zeit bis zur Beendigung der Beobachtung verkürzt wird; eine Folge davon dürfte sein, dass der Drath mehr Wärme bewahrt, also α einen etwas grössern Werth behält. In den folgenden Berechnungen muss hierauf Rücksicht genommen werden.

Bei den Stahldräthen, deren Länge durchgängig 57 Zoll betrug, setze ich in die Gleichung

$$1 + \frac{C' g' v'}{v' c \gamma} V' = \frac{VCg\alpha + v c \gamma}{0.6948 v' c \gamma} \cdot \frac{\beta'}{\beta} Tw'$$

$C' = 0.1185$ und $g' = 7.8$, sonst die vorigen Werthe; dies reducirt sie auf

$$1 + 0.102 \alpha' V' = \frac{0.527 \alpha + 6.295}{6.311} \cdot \frac{\beta'}{\beta} Tw'$$

oder

$$1 + x V' = E Tw',$$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate erhält man aus den in der folgenden Tabelle zusammengestellten Beobachtungen $x =$

0.208 und $E = 1.277$, also $\alpha' = \frac{0.208}{0.102} = 2.04$.

Nr. der Beob.	Drath Nr.	Durchmesser	Querschnitt	V' in Kub. L.	T beobachtet	w' beobachtet	Tw' beobachtet	Tw' ber.
59.74	8	0 ^m 1065	0.00891	6.094	1.38 1.40	1.31 1.33	1.81 1.87	1.78
60.73	7	0.1216	0.01161	7.941	1.61 1.65	1.25 1.24	2.01 2.05	2.08
61.72	6	0.1362	0.01458	9.973	2.08 2.16	1.09 1.13	2.27 2.44	2.41
62.71	5	0.1480	0.01721	11.772	2.58 2.59	1.03 1.03	2.66 2.67	2.70
63.70	4	0.1700	0.02271	15.534	3.40 3.14	1.01 1.06	3.43 3.32	3.31
64.69	3	0.1919	0.02891	19.774	4.54 4.75	0.85 0.87	3.89 4.15	4.04
65.68	2	0.2119	0.03528	24.131	6.21 5.94	0.77 0.80	4.79 4.75	4.71
66.67	1	0.2312	0.04199	28.721	7.69 7.18	0.73 0.73	5.60 5.24	5.46
57.58	alte Sorte 7	0.1114	0.00972	6.648	1.44 1.45	1.33 1.34	1.91 1.94	1.87

Auch Stahlrath Nr. VI von 40 Zoll Länge stimmt mit den gefundenen Werthen von x und E noch ziemlich überein; die Beobachtung (Nr. 56) gibt $Tw' = 3.93$, die Rechnung = 3.62 . — Beachtet man, wie genau auch hier bei diesen Stahlrathen die Rechnung mit den Beobachtungen übereinstimmt, so wird man sicher zu der Überzeugung gelangen, dass die beobachteten Widerstände nicht falsch sein können, dass sich also wirklich beim Eisendrath der Widerstand nicht umgekehrt proportional zum Querschnitt verhält und überdies nach Angabe der Beobachtungen schwächere Ströme mehr als stärkere gehemmt werden. Wir kennen zwar die Art des elektrischen und des galvanischen Stroms noch viel zu wenig, um schon jetzt angeben zu können, aus welchem Grunde diese beiden Stromarten so verschieden auf Eisen wirken, allein die Thatsache an sich selbst ist wichtig genug, um Beachtung zu verdienen.

Wir haben hierauf das gegenseitige Verhältniss von β in den verschiedenen Thermometern und zwar bei $n = 0.106$ zu berechnen. Die Vergleichung zweier Thermometer gibt zufolge der Gleichung (5), wenn überall Platindräthe der ältern Sorte eingezogen sind,

$$\frac{\beta}{\beta'} = \frac{\beta w}{\beta' w'} \cdot \frac{n + m'}{n + m} \cdot \frac{z(1 + z')}{z'(1 + z)} \cdot \frac{V' C g a' + v' c \gamma}{V C g a + v c \gamma}.$$

In Th. II ist $w = 0.632$, $V = 0.814$, $V C g = 0.527$, $v c \gamma = 6.295$, dagegen in Th. I $w' = 0.462$ (nämlich von 11" 4'' Drath,

wovon 17'' einen Widerstand = 0.69 leisten), $V = 0.701$, $V' Cg = 0.454$, $v' c\gamma = 20.409$, also erhält man

$$\frac{\text{Th. II.}}{\text{Th. I.}} = T = \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{0.632}{0.462} \cdot \frac{0.117}{0.116} \cdot \frac{0.965 \times 4.06}{3.06 \times 1.965} \cdot \frac{0.454 \alpha' + 20.409}{0.327 \alpha + 6.295}.$$

Setzt man $\alpha' = \alpha = 1.28$, so ist $T = 2.72 \frac{\beta}{\beta'}$, dagegen = $2.58 \frac{\beta}{\beta'}$, wenn man $\alpha' = 1.28$ und $\alpha = 2.0$ annimmt. Der Versuch gibt nach Nr. I $T = 2.17$, also $\frac{\beta'}{\beta} = \frac{2.72}{2.17} = 1.25$ oder = $\frac{2.58}{2.17} = 1.19$, d.h. ein Thermometer mit grösserem Behälter liefert relativ grössere Angaben, weil offenbar der Wärmeverlust durch Mittheilung an die Glaswand geringer ist.

Th. III hatte zuerst einen wirksamen Drath von 13'' 8'' Länge, dessen Widerstand $w' = 0.656$ ist; substituirt man ferner $V = 0.845$ und $v' c\gamma = 9.084$, so erhält man

$$\frac{\text{Th. II}}{\text{Th. III}} = T = \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{0.632}{0.656} \cdot \frac{0.123}{0.116} \cdot \frac{0.965 \times 1.900}{0.900 \times 1.965} \cdot \frac{0.547 \alpha' + 9.084}{0.527 \alpha + 6.295}.$$

Für $\alpha' = \alpha = 1.28$ ist $T = 1.49 \frac{\beta}{\beta'}$, dagegen für $\alpha' = 1.28$ und $\alpha = 2.0$ $T = 1.41 \frac{\beta}{\beta'}$. Der Versuch Nr. 17 liefert $T = 1.40$, also ist $\frac{\beta'}{\beta} = 1.06$ oder 1.01. Der Einfluss des weitem Behälters an Th. III zeigt sich hier weniger, weil die Enden des Draths sehr nahe vom Glas umschlossen werden (s. diesen störenden Einfluss unter Nr. 77). Als daher später der Drath eine Länge von nur 12.7 Zoll hatte, wo $w' = 0.610$ und $V' Cg = 0.509$ war, so gaben die Versuche unter Nr. 28 und 29 T ebenfalls = 1.40, wogegen die Berechnung auf $T = 1.60 \frac{\beta}{\beta'}$ führt, wenn $\alpha' = \alpha = 1.28$ und auf $T = 1.52 \frac{\beta}{\beta'}$, wenn $\alpha' = 1.28$ und $\alpha = 2.0$ gesetzt wird; hieraus folgt $\frac{\beta'}{\beta} = \frac{1.60}{1.40} = 1.14$ oder $\frac{\beta'}{\beta} = \frac{1.52}{1.40} = 1.08$.

In Th. IV war $w' = 0.740$, $V' Cg = 0.617$ und $v' c\gamma = 9.017$ also

$$\frac{\text{Th. IV}}{\text{Th. II}} = T = \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{0.740}{0.632} \cdot \frac{0.116}{0.113} \cdot \frac{2.78 \times 1.965}{0.965 \times 3.78} \cdot \frac{0.527 \alpha + 6.295}{0.617 \alpha' + 9.017}.$$

Setzt man $\alpha' = \alpha = 1.28$, so wird $T = 1.30 \frac{\beta'}{\beta}$, dagegen $= 1.37 \frac{\beta'}{\beta}$, wenn $\alpha' = 1.28$ und $\alpha = 2.0$ ist. Die Versuche geben unter Nr. 75 und 76 $T = 1.10$, also $\frac{\beta'}{\beta} = 0.85$ oder 0.80 . Der günstige Einfluss des weitem Gefässes ist bei Th. IV ganz beseitigt und zwar durch den grossen Widerstand in der zu engen Röhre, welche die freie Beweglichkeit des Spiritus hemmt.

Gehen wir jetzt auf die Constante E zurück, so war

$$E = \frac{0.527 \alpha + 6.295}{6.311} \frac{\beta'}{\beta},$$

worin der Werth von $\frac{\beta'}{\beta}$ aus $\frac{\text{Th. II}}{\text{Th. III}}$ einzusetzen ist, wenn Th. III nur eine Spannungsweite des Draths von 12.7 Zoll besitzt. Je nachdem man $\alpha = 1.28$ oder $= 2.0$ annimmt, wird

$$E = 1.103 \times \frac{1.60}{1.40} = 1.261$$

oder

$$E = 1.164 \times \frac{1.52}{1.40} = 1.264.$$

Beide Werthe sind etwas kleiner als wie sie durch die Berechnung gefunden wurden. Der Grund zu dieser Abweichung ist indess leicht zu erkennen. Da die in den Tabellen aufgeführten Platin- und Stahldräthe nach Ausweis von α' mehr Wärme in sich zurückhielten als der zur Bestimmung von $\frac{\beta'}{\beta}$ benutzte ältere Platindrath, somit auch weniger Wärme an die Luft abgaben, was wieder einen geringern Wärmeverlust an die Glaswand herbeiführte, so musste Th. III in den durch die Tabelle verzeichneten Beobachtungsreihen noch etwas günstiger wirken, oder der Werth von $\frac{\beta'}{\beta}$ musste für sie noch etwas grösser sein. Setzte man z. B. $\alpha' = \alpha = 2.0$, wodurch $T = 1.565 \frac{\beta'}{\beta}$ wird, und würden unter dieser Voraussetzung die Beobachtungen auch noch $T = 1.40$ gegeben haben, so wäre $\frac{\beta'}{\beta} = \frac{1.565}{1.40}$ und E käme auf $1.164 \times \frac{1.565}{1.40} = 1.301$, ziemlich genau mit der für die Platindräthe geführten Rechnung übereinstimmend. Die Stahl-

dräthe zeigen deutlich, dass der angeführte Grund richtig ist, weil bei ihren α' kleiner und demgemäss für E auch ein kleinerer Werth 1.277 berechnet wurde.

Nach diesen Vorbereitungen können wir die einzelnen Punkte näher besprechen, welche auf die Empfindlichkeit des Thermometers Einfluss haben und demnach bei der Construction desselben in Betracht kommen.

1. Ändert man in demselben Thermometer nur den Platindrath und zwar so, dass, während w in w' übergeht, doch V unverändert bleibt, d. h. nimmt man statt eines stärkern Draths einen feinem und längern, so stellen sich nach (4) die Angaben des Instruments auf

$$\frac{\vartheta'}{\vartheta} = \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{w'}{w},$$

fallen also, wenn anders nicht durch stärkern Wärmeverlust $\frac{\beta'}{\beta}$ unter 1 kommt, proportional zu den Widerständen aus. — Allein man täusche sich nicht bei der Anwendung dieses Resultats. Gebraucht man nämlich das Instrument in einem Schliessungsbogen, dessen Widerstand verglichen mit dem des Platindraths gering ist, wo also der gesammte Widerstand nahe = w oder w' ist, so wird der Strom auch proportional zu w und w' gehemmt und die Angaben bleiben in beiden Fällen unverändert. Dazu kommt, dass in vielen Fällen, z. B. bei Bestimmung des Widerstandes anderer Dräthe es keineswegs vortheilhaft ist, den Widerstand im constanten Theil der Leitung zu sehr zu erhöhen. Für gewöhnlich dürfte der Widerstand des Draths, welchen ich in Th. II habe, etwa der Art sein, dass man das Instrument in den meisten vorkommenden Fällen zweckmässig gebrauchen kann, und man würde nur dann, wenn die Versuche einen sehr grossen Widerstand in den Schliessungsbogen bleibend einführen, den Widerstand des Platindraths mit Vortheil vergrössern. — Meine Thermometer würden freilich etwas grössere Zahlen liefern, wenn der Drath nicht bis nach aussen zu den Quecksilbernäpfen geführt, sondern ganz im Behälter enthalten wäre, wobei dann stärkere Kupferstäbe die Verbindung nach aussen vermittelten; allein die Rücksicht, das Instrument durch einen gleichen Drath sicher zu ersetzen, was namentlich bei der Stromtheilung von Wichtigkeit ist, hat mich bisher von einer Änderung abgehalten.

2. Die Angaben des Instruments lassen sich vergrössern, wenn man die Spiritussäule in der Röhre verkürzt. Nach den Versuchen darf indess die Verkürzung nicht so weit gehen, dass der Spiritus in Schuss kommt, weil sonst die grössern Zahlen nicht in dem richtigen Verhältniss zu den kleinern stehen (s. Nr. 6). Als Norm wird gelten können, dass bei den grössten Zahlen, welche man beobachtet, die bewegte Spiritussäule mindestens noch 3 — 4 Zoll Länge behalten muss.

3. Die grössere oder geringere Neigung der Röhre verkleinert oder vergrössert ebenfalls die Angaben. Beträgt in zwei Fällen die Neigung n und n' , so erhält man nach (4)

$$\frac{\vartheta'}{\vartheta} = \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{(1+z)}{(1+z')}$$

Nach Nr. 6 und 7 gab Th. II von $n' = 0.106$ auf $n = 0.173$ gestellt in den drei Reihen

Spiritussäule = 6''		= 8''
$\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1.21$		1.16
1.21		1.18
1.20		1.22
1.21		1.20
(1.28)		1.20
<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>		<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>
1.21		1.18
1.21		1.20
1.23		1.20
1.18		1.19
1.23		1.20
1.21		1.20
<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>		<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>
1.21		1.19
1.21		1.19
1.23		1.20

Die Rechnung liefert $\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1.26 \frac{\beta'}{\beta}$, also einen grössern Zahlen-Coefficienten, weil die flachere Stellung die durch Capillar-Attraction gehaltene Säule vergrössert und somit den Widerstand gegen die Verschiebung vermehrt, wodurch $\frac{\beta'}{\beta}$ etwas kleiner als 1 wird. Bei der Umstellung von $n' = 0.056$ auf $n = 0.106$ erhält man aus der Vergleichung der beiden Reihen unter Nr. 26 und 21.

Th. II. $\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1.16$	1.15	Th. III. $\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1.14$	1.18
1.16	1.16	1.17	1.18
1.17	1.17	1.16	1.17
1.20	1.19	1.18	1.16
<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0;"/>
1.17	1.17	1.16	1.17

Die Rechnung gibt für beide Instrumente $\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1.26 \frac{\beta'}{\beta}$, also wieder einen grössern Zahlenwerth. — Da bei zu flacher Stellung

sich die Spiritussäule etwas langsam verschiebt, auch langsamer und zugleich etwas unsicher bei geöffneter Klappe auf ihren alten Stand zurückkehrt, so dürfte $n = 0.1$ der passendste Werth sein.

4. Macht man an einem Instrumente mit einem beliebigen Behälter die Röhre enger, so werden die Angaben grösser. Es sei also bei sonst constanten Verhältnissen s in s' umgewandelt, so stellen sich nach (4) \mathcal{S} und \mathcal{S}' gegen einander dar in

$$\frac{\mathcal{S}'}{\mathcal{S}} = \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{sb\varphi + v(n+m)}{s'b\varphi + v(n+m)}$$

In dieser Gleichung wird $\frac{\beta'}{\beta}$ so lange nahe $= 1$ sein, als s keinen zu kleinen Werth erlangt; erst in diesem Falle würde die Zeitdauer der Beobachtung wegen des langsamen Sinkens des Spiritus vergrössert und $\frac{\beta'}{\beta}$ unter 1 sinken. Hat man einen grössern Behälter am Instrument, so ist die Umwandlung von s in s' nicht von grossem Belange. — Nach den Versuchen ist überhaupt die Wahl für s ziemlich beschränkt. Die engere Röhre an Th. IV, wo $s = 0.31$ ist, wirkt schon sehr nachtheilig durch Vermehrung des Widerstandes; die Röhre an Th. III, wo $s = 1.05$ ist, zog durch zu reichliche Verdunstung des Spiritus nach dem Behälter wiederum wesentliche Nachtheile nach sich, somit dürfte die Wahl etwa zwischen 0.70 und 0.50 beschränkt sein.

5. Den grössten Einfluss auf die Empfindlichkeit und die Güte des Thermometers übt die richtige Wahl des Behälters aus. Schon aus den Versuchen geht hervor, dass ein zu grosser Behälter nicht nur die Angaben erniedrigt, sondern auch die grösseren Zahlen nicht in das richtige Verhältniss zu den kleineren bringt, dass man also, wenn man \mathcal{S} zu gross werden lässt, leicht zu Fehlschüssen namentlich in Bezug auf den Widerstand im Schliessungsbogen gelangen kann. Zu kleine Behälter drücken ebenfalls die Angaben zurück, theils weil der Drath zu viele Wärme behält, theils weil der Wärmeverlust an die Glaswand zu bedeutend wird. Belehrend sind hierfür der Versuch Nr. 77 und die im Anfange erwähnten Beobachtungen an dem engen Cylinder. Setzt man in der Gleichung (4)

$$\mathcal{S} = \frac{\delta v b \varphi \beta w}{\{sb\varphi + v(n+m)\} \{VCga + vc\gamma\}}$$

alle Grössen bis auf v constant, so wird \mathcal{S} ein Maximum, wenn

$$0 = 1 - \frac{v(n+m) \{VCg\alpha + v c\gamma\} + v c\gamma \{s b \varphi + v(n+m)\}}{\{s b \varphi + v(n+m)\} \{VCg\alpha + v c\gamma\}}$$

oder

$$0 = s b \varphi VCg\alpha - v^2 c\gamma (n+m)$$

ist. Hieraus erhält man

$$v^2 = \frac{s b \varphi VCg\alpha}{c\gamma(n+m)}$$

oder

$$z^2 = \frac{VCg\alpha(n+m)}{s b \varphi c\gamma},$$

somit in seinem Maximum

$$\mathcal{S} = \frac{\delta\beta w b \varphi VCg\alpha}{(n+m) \{VCg\alpha + v c\gamma\}^2} = \frac{\delta\beta w}{s(1+z)^2 c\gamma}.$$

Ein grösserer Werth von \mathcal{S} lässt sich nicht erreichen, und auf ihn beschränkt sich die Empfindlichkeit der Luftthermometer. — Soll w den Widerstand von 17 Zoll ältern Platindrath (Durchmesser = 0.081) nicht überschreiten, bringt man aber diesen Drath, also mit Verzicht auf eine leichte sichere Substitution des Thermometers durch einen gleichen Drath, ganz im Gefäss an, so erhält man, $\alpha = 1.28$ und $n+m = 0.1$ gesetzt (durch ein weiteres Gefäss lässt sich der Werth von m verkleinern), $VCg\alpha = 0.872$, $\frac{b\varphi}{c\gamma(n+m)} = 242080000$, also $v = 11623$, $z = 0.3375$ und $\mathcal{S} = 15.8 \beta w$, wenn $s = 0.64$ ist. Macht man dagegen $s = 0.50$, so wird $v = 10274$, $z = 0.3885$ und $\mathcal{S} = 18.9 \beta w$; man erhält also, wenn anders der Widerstand in der Röhre nicht schon zu bedeutend entgegenwirkt, einen um $\frac{1}{4}$ grösseren Werth. Will man, ohne w zu ändern, den Platindrath durch einen feineren ersetzen, so habe dieser 0.60 Linien Durchmesser, sei also so fein, als man ihn noch gebrauchen kann, dann ist die Länge desselben 9.31 Zoll und $VCg\alpha = 0.332$. Für $s = 0.64$ wird nun $v = 6379$, $z = 0.1852$ und $\mathcal{S} = 20.1 \beta w$, für $s = 0.50$ wird $v = 5639$, $z = 0.2132$

und $S = 24.4 \beta \omega$. Da der zur Spirale gewundene Drath im ersten Falle mindestens 4, im andern 2 Zoll lang bleibt und auf die ihn haltenden Kupferstäbe je 1 Zoll zu rechnen ist, so würde der Glas-cylinder, denn ein solcher entspricht der Form des Draths am natürlichsten und bleibt überall gleich weit von ihm entfernt, eine innere Weite von etwa 13 Linien erhalten; das ist nicht viel weniger als der Cylinder an Th. II, bei welchem der Wärmeverlust noch nicht zu beträchtlich ist. — Um indess den Grad der Empfindlichkeit anderer Thermometer mit grösseren Behältern leichter zu schätzen, habe ich nach (4) die folgende Tabelle berechnet, in der $\alpha = 1.28$ und $n + m = 0.1$, ebenso die beiden so eben berücksichtigten Platindräthe von 17 Zoll Länge und 0.081 Linien Durchmesser und von 9.31 Zoll Länge und 0.060 Linien Durchmesser beibehalten wurden.

Durchmesser des Pldr.	s	v	S
0 ^m 081	0.64	11623	15.8 βw Max.
„	0.50	10274	18.9 „ „
0.060	0.64	6379	20.1 „ „
„	0.50	5639	24.4 „ „
0.081	0.64	10000	15.7 „
„	0.50	„	18.9 „
0.060	0.64	„	19.0 „
„	0.50	„	22.9 „
0.081	0.64	20000	14.9 „
„	0.50	„	17.3 „
0.060	0.64	„	16.6 „
„	0.50	„	19.2 „
0.081	0.64	30000	13.3 „
„	0.50	„	15.1 „
0.060	0.64	„	14.3 „
„	0.50	„	16.2 „

Man sieht aus dieser Tabelle, dass der feinere Drath nur dann einen bedeutenden Vorzug hat, wenn der Behälter dem Maximum entspricht; fasst dagegen der letztere an 30000 Kubiklinien Luft, wie es wohl gewöhnlich der Fall ist, indem dies eine Kugel von nur 38.55 Linien Durchmesser gibt, so ist der Vortheil gering, auch schafft dann die engere Röhre wohl kaum einen Nutzen, da das Wenige, was sie mehr leistet, zum grössten Theil durch den vermehrten Widerstand fortgenommen werden möchte. Es scheint mir

demnach, als würde die Empfindlichkeit mancher Thermometer doch wohl zu sehr gerühmt.

Es blieb jetzt allein noch übrig, durch directe Versuche zu entscheiden, wie sich bei einem Behälter von etwa 10000 Kubiklinien Volumen der Wärmeverlust an die Glaswand herausstellt. Das zu diesem Behufe angefertigte Th. V hat einen Cylinder von 6'' 1''' Länge bei einer lichten Weite von 13^m9; der Ansatz bis zur Röhre beträgt 134 Kubiklinien, so dass $v = 11200$ ist. Die Röhre selbst scheint etwas, doch nur wenig weiter zu sein, als die an Th. II, das Gefäss hat einen äussern Durchmesser von 13·5 Linien. Zwischen die Klemmen der nach innen 1 Zoll vorspringenden Messingstäbe wurden 17 Zoll vom ältern Platindrath zur Spirale gewickelt ausgespannt und so der Vergleich mit Th. II angestellt. Beide Instrumente standen hierbei um $n = 0·106$ geneigt und hatten Spiritussäulen von 8'' Länge. Die Temperatur war 13° C., der Barometerstand 26'' 10^m5 und die Luft nicht völlig ruhig.

Nr. 78. Th. V. und Th. II.

L.	V	(2)	w	II.	(5)	w	$T = \frac{(2)}{(5)}$
24	16·8	9·7	0·73	12·6	6·9	0·82	1·41
32	28·0	16·4	0·72	21·2	11·9	0·78	1·38
40	40·8	24·0	0·70	31·9	17·7	0·80	1·36
48	57·0	32·4	0·76	43·0	24·1	0·79	1·34
56	—	42·8	0·73	—	31·4	0·80	1·36
64	—	54·0	—	—	39·5	—	1·37
							1·37

Th. V stimmt im ganzen Gange der Erwärmungen ziemlich genau mit Th. II überein, daher ist es auffallend, dass der Widerstand von (2) auf 0·73 herabgeht. Wenn auch (3) durch Th. II bestimmt einen Widerstand von nur 0·80 statt 0·82 leistet, so liegt dies in der niedrigen Temperatur des Locals, welche alle Zahlen, vornehmlich die grössern, etwas erniedrigt. Der freie Drath in Th. II hat einen Widerstand = 0·632 und der ebenfalls freie in Th. V den vollen Widerstand = 0·82; wäre also der letztere Drath in Th. II ausgespannt gewesen, doch so, dass die Röhre mit dem weitem Gefäss an Th. V versehen worden wäre, so hätte sich T auf

1·30 stellen müssen; die Beobachtung gibt $T = 1·37$, wonach der Einfluss des kleinern Behälters sich noch etwas, freilich nicht völlig in dem vorher berechneten Grade, bemerklich macht. — Sollte indess die auf's nächste Jahr verschobene nähere Untersuchung namentlich auch mit Rücksicht auf die Verwendbarkeit feinerer Dräthe ein in allen Beziehungen günstiges Resultat liefern, so würde Th. V vornehmlich seiner bequemen Form wegen jedenfalls besonders zu empfehlen sein.
